



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Evaluación del comportamiento productivo, características de la canal y oxidación lipídica en carne de cerdos alimentados con dietas adicionadas con Ractopamina”

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

PMVZ. Christian Javier Juárez López

ASESORES:

Dr. Juan Edrei Sánchez Torres

M en C. Johana Paola Galeano Díaz

Dr. Ignacio Arturo Domínguez Vara

El Cerrillo Piedras Blancas. Toluca Estado de México

Marzo de 2024



AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

CONTENIDO

	Pagina
I INTRODUCCIÓN	10
II REVISION DE LITERATURA	11
2.1 Taxonomía del cerdo domestico	11
2.1.1 Fisiología y digestión del cerdo	11
2.2 Razas usadas en la porcicultura	12
2.2.1 Yorkshire	12
2.2.2 Landrace	13
2.2.3 Pietrain	13
2.2.4 Duroc	14
2.2.5 Hampshire	14
2.3 Producción y consumo de carne de cerdo	15
2.3.1 Producción internacional de carne de cerdo	15
2.3.2 Producción nacional de carne de cerdo	16
2.3.3 Consumo internacional de carne de cerdo	17
2.3.4 Consumo nacional de carne de cerdo	17
2.4 Sistemas de producción porcina en México	18
2.4.1 Sistema tecnificado	18
2.4.2 Sistema semi- tecnificado	18
2.4.3 Sistema Artesanal, rural o de traspatio	18
2.5 Requerimientos nutricionales en cerdos etapa finalización	19
2.6 Aditivos usados en la dieta para cerdos	19
2.6.1 Clasificación de los aditivos	20
2.6.2 Aditivos Tecnológicos	20
2.6.3 Aditivos Organolépticos	20
2.6.5 Aditivos Nutricionales	20
2.6.6 Aditivos Zootécnicos	21
2.7 Aditivos β -adrenérgicos (ractopamina)	21
2.7.1 Generalidades	21
2.7.2 Mecanismo de acción y Farmacocinética	21

2.7.3 Indicaciones y dosis	22
2.7.4 Efecto de ractopamina en comportamiento productivo	22
2.7.5 Efecto de la ractopamina en la carne de cerdo	23
2.8 Calidad de la carne en cerdos	23
2.8.1 Oxidación lipídica en carne	24
2.8.1.1 Proceso de oxidación lipídica	24
2.8.1.2 Análisis de la oxidación lipídica	25
2.8.1.3 Antioxidantes y su importancia en sistemas de producción	26
2.8.1.4 Estrategias para prevenir la oxidación en carne	27
III JUSTIFICACIÓN	29
IV HIPÓTESIS	30
V OBJETIVOS	31
5.1 General	31
5.2 Específicos	31
VI MATERIAL Y MÉTODO	32
6.1 Material	32
6.1.1 Material de campo	32
6.1.2 Material biológico	32
6.2 Método	33
6.2.1 Animales e Instalaciones	33
6.2.2 Dietas y tratamiento	33
6.2.3 Desarrollo experimental	35
6.2.4 Comportamiento productivo	35
6.2.4.1 Consumo diario de alimento (CDA)	35
6.2.4.2 Ganancia diaria de peso (GDP)	36
6.2.4.3 Conversión alimenticia (CA)	36
6.2.4.4 Eficiencia alimenticia (EA)	36
6.2.5 Peso vivo final a la matanza, peso canal caliente, peso canal fría y rendimiento de la canal	36
6.2.5.1 Evaluación morfométrica de la canal	37

6.2.5.2 Composición química de la carne de cerdo	37
6.2.6 Mediciones instrumentales	38
6.2.6.1 Medición de pH en intestino delgado	38
6.2.6.2 Medición de pH en Carne	38
6.2.6.3 Volumen	38
6.2.6.4 Color	38
6.2.6.5 Pérdida de agua por cocción	39
6.2.6.6 Fuerza de corte	39
6.2.7 Estabilidad oxidativa lipídica	39
6.3 Análisis estadístico	40
VII LÍMITE DE ESPACIO	41
VIII LÍMITE DE TIEMPO	42
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
9.1 Comportamiento productivo	43
9.1.1 Pérdida de peso durante el transporte y periodo de descanso pre matanza	44
9.2 Características de la canal	45
9.2.1 Características morfométricas	46
9.2.2 Color del Musculo <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semimembranoso</i>	48
9.2.3 pH del Musculo <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Semimembranoso</i> y <i>Biceps</i> .	49
9.2.4 ph intestino delgado	51
9.2.5 Características de la carne de los músculos <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Semimembranoso</i> y <i>bíceps</i>	51
9.2.6 Contenido nutricional de los músculos <i>Longissimus dorsi</i> <i>semimembranoso</i>	52
9.2.7 ph en carne en diferentes días (0,3,6,9 y12)	54
9.2.8 Color de músculos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12)	54
9.2.9 Estabilidad oxidativa lipídica (TBARS)	58
X. LITERATURA CITADA	59

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Importación de carne de cerdo	15
Cuadro 2. Exportación de la carne de cerdo	16
Cuadro 3. Principales estados productores de carne de cerdo	16
Cuadro 4. Requerimientos nutricionales etapa de finalización	19
Cuadro 5. Composición de ingredientes de la dieta basal y composición nutrimental calculado (80-100 kg de peso vivo).	33
Cuadro 6. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	43
Cuadro 7. Pérdida de peso de los cerdos Alimentados con ractopamina en etapa de finalización durante el trasporte y periodo de descanso pre-matanza.	45
Cuadro 8. Características de la canal en cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	46
Cuadro 9. Características morfométricas de la canal de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	47
Cuadro 10 Peso (g) y volumen (cc) de piernas y brazos de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	48
Cuadro 11. Color del Musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización,	48
Cuadro 12. Color del Musculo <i>Semimembranoso</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización,	49
Cuadro 13 pH del Musculo <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Semimembranoso</i> y <i>Biceps</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización	50
Cuadro 14 pH del intestino delgado de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	51
Cuadro 15 Características de la carne de los músculos <i>Longissimus dorsi</i> y <i>Semimembranoso</i> de cerdos alimentados con ractopamia en etapa de finalización.	51

Cuadro 16 Contenido nutricional del musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	52
Cuadro 17 Contenido Nutricional del musculo <i>semimembranoso</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización	53
Cuadro 18 pH en carne del musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos en diferentes días (0, 3 ,6, 9 y 12) de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	54
Cuadro 19 Comparación del color L* entre los tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	55
Cuadro 20 Comparación del color a* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	55
Cuadro 21 Comparación del color b* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	56
Cuadro 22 Comparación del color C* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo <i>longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.	56
Cuadro 23 Comparación del color H* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo <i>Longissimus dorsi</i> de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización	57
Cuadro 24 Estabilidad oxidativa lipídica (TBARS) en carne cruda de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, durante 0, 3, 6, 9 y 12 días de refrigeración	58

INDICE DE IMÁGENES

	Pagina
Imagen 1 Raza porcina Yorshire	12
Imagen 2 Raza porcina Landrace	13
Imagen 3 Raza porcina Pietrain	13
Imagen 4 Raza porcina Duroc	14
Imagen 5 Raza porcina Hampshire	14

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el incremento de la población a influido grandes cambios en la porcicultura, debido a la demanda que se muestra, ya que es la tercer carne mas consumida y producida a nivel mundial despues de la de pollo y bovino; generando empleos y un gran aporte en el sector ecomico, asi mismo garantizando un alimento de gran aporte nutricional para consumo humano.

El objetivo de la porcicultura, es producir la mayor cantidad de carne de cerdo a un menor costo y en un menor tiempo, ofreciendo una carne de calidad para los consumidores. Una forma de incrementar la competitividad y calidad de la carne de cerdo, es adicionar en las dietas productos β -adrenérgicos en un periodo de finalización que comprende las últimas 5 semanas antes del sacrificio, mismo que no tiene un periodo de retiro posterior al sacrificio. La ractopamina es un aditivo derivado de los β -adrenérgicos que se utiliza como un promotor de crecimiento, aumentando ganancia de peso diaria de un 11 a 18%, mejorando la eficiencia alimenticia, además, incrementa la deposición de tejido muscular y degradación de grasa ofreciendo carne de calidad de consistencia magra. (Braña, 2017). Los factores que pueden afectar la calidad de la carne son diversos entre los que destacan la alimentación, salud, estrés, hacinamiento, transporte. Después de la matanza del animal se presenta una reaccion de mayor interes desde el punto de vista calidad de la carne. Una de las principales causas que altera las características de la canal es la oxidación lipídica, modificando el deterioro sensorial y la aparición de sustancias por ello, aumentar la vida de anaquel de productos y derivados es su propósito de la industria agroalimentaria. Rossi *et al.*, (2013). La producción de carne de cerdo se ha vuelto más competitiva ya que los consumidores están en búsqueda de alimentos saludables y de alta calidad, la adición de ractopamina en dietas para cerdos reduce el contenido de grasa corporal y mejora la calidad de la canal, sin embargo, no existe reportes donde se evalué el efecto de la ractopamina en la oxidación lipídica de la carne de cerdo, por tal motivo el objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta productiva, características de la canal y oxidación lipídica en cerdos alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en la etapa de finalización.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Taxonomía del cerdo domestico

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Suidae
Género	Sus
Especie	S. scrofa
Subespecie	Sus scrofa doméstica

Romero *et al*, 2005.

2.1.1 Fisiología y digestión del cerdo

El cerdo es una especie vertebrada monogástrica, que su sistema de digestión inicia desde la cavidad bucal donde se inicia con la trituración del bolo alimenticio participando músculos de la cara, huesos, dientes, lengua y glándulas accesorias. El estómago, una estructura importante donde su principal función es el almacenamiento e inicio de la digestión de alimentos, mezclándose jugos gástricos y enzimas provenientes de páncreas, acidificando y facilitando la digestión de proteína, también es considerado un mecanismo de defensa protegiendo al organismo de agentes patógenos. (Pérez, 2013). Un intestino saludable es aquel que mantiene un equilibrio con su microbiota y una barrera fisiológica, para ello es importante considerar los aspectos de manejo, alimentación y sanidad animal. (Piroca, 2017)

El intestino tiene la función de absorber nutrientes para el proceso metabólico del animal, está dividido en tres regiones, duodeno, la primera porción del intestino donde se secretan los conductos del páncreas e hígado (vesícula biliar) y existe secreción enzimática en donde se descomponen e hidrolizan carbohidratos, grasas, proteínas que empiezan absorberse en duodeno, yeyuno e íleon en las vellosidades

intestinales. En el proceso de digestivo el contenido pasa a intestino grueso donde la consistencia es mayormente líquida, su principal función es absorber agua mediante los epitelios, para condensar el material semi-sólido y pasar a recto y ano. (DeRouche, 2014)

2.2 Razas usadas en la Porcicultura

Genéticamente los cerdos provenientes de granjas de cría intensiva son animales híbridos, cuyas razas paternas dependen de lo que demanda el mercado. La selección genética se realiza considerando la minimización de los costos de producción, es decir, aumentar la productividad en los vientres (número de lechones destetados por cerda y año) para ello es importante la selección de líneas o razas maternas. Las razas más usadas suelen ser Landrace-Large White y Landrace-York para producir la hembra híbrida, para el macho finalizador hay una variedad notable de opciones dependiendo del destino del producto. (Conde, 2023).

2.2.1 Yorkshire

Es una raza proveniente de Inglaterra, con características de pelaje blanco, cabeza corta, es un animal musculoso con lomos largos y anchos, jamones bien desarrollados, gran calidad de carne magra y grasa dorsal, es altamente prolífico, con gran instinto materno y eficientemente productivas. (González, 2022).

Son cerdos productores de carne teniendo rendimientos de un 53 y 54% de carne de su peso total; productivamente bajo buenas condiciones de manejo y alimentación tienen ganancias de 600 a 800 g/día. (FAO, 2010).



Figura 1. Raza porcina Yorkshire.

2.2.2 Landrace

Es una raza de cerdos proveniente de Dinamarca, se caracteriza por un pelaje blanco, orejas celtas, una raza de las más seleccionadas por su rusticidad y grado de adaptación al ambiente, se considera como raza materna ya que su grado de prolificidad es alto, tiene gran capacidad abdominal y amplitud materna son de temperamento noble. En buenas condiciones de manejo y alimentación hay ganancias medias diarias de 850 a 900 g/día. (FAO, 2010).

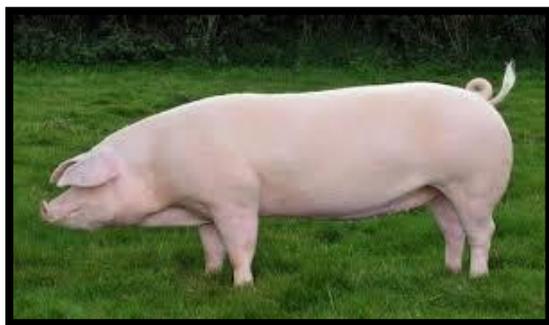


Figura 2. Raza porcina Landrace.

2.2.3 Pietrain

Es una raza proveniente de Bélgica se caracteriza por un perfil cóncavo y orejas asiáticas, presenta capa blanca con manchas con irregulares negras o rojizas, es una de las principales razas paternas utilizado como macho terminal o finalizador, debido a su volumen y masa que presenta. El rendimiento de la canal es muy alto, caracterizando por una carne magra con un mínimo de grasa. (FAO, 2010).

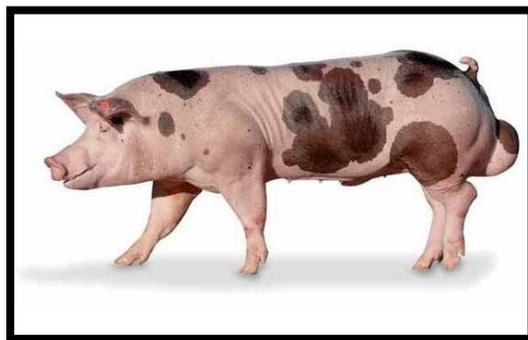


Figura 3. Raza porcina Pietrain.

2.2.4 Duroc

Es una raza con orígenes desconocidos, registrada en 1882, presenta una capa roja, es decir un pelaje color ladrillo, cabeza pequeña con perfil cóncavo, orejas semiarqueadas, son animales robustos se considera una raza paterna utilizada en los cruces para la formación del cerdo híbrido. (FAO, 2010).



Figura 4. Raza porcina Duroc.

2.2.5 Hampshire

Su origen es desconocido, aunque se consideró una raza proveniente de E.U e Inglaterra, se caracteriza por una capa negra lisa, a excepción de espalda y extremidades anteriores donde es cinchada, presenta perfil subcóncavo orejas erectas, son robustos se considera una raza paterna en la mayoría de las cruces. De acuerdo a sus características de la canal presenta un color más rojo intenso, posee un contenido de grasa intramuscular, excelente productor de carne magra, en producción puede generar una ganancia de peso de 700 a 900gr/día. (FAO, 2010).

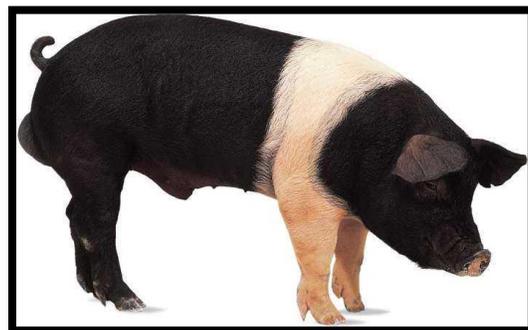


Figura 5. Raza porcina Hampshire.

2.3 Producción y consumo de carne de cerdo

2.3.1 Producción internacional de carne de cerdo

A nivel mundial se producen 108, 949 miles de toneladas de carne de cerdo. De los cuales, China se considera el principal líder productor de carne con 48,850, en segundo lugar, se encuentra la Unión Europea con 23,680 y como tercer lugar Estados Unidos con 12,568. México se sitúa en el octavo lugar con una producción de 1,485 miles de toneladas de acuerdo a los datos COMECARNE con información de USDA (Consejo Mexicano de la Carne [COMECARNE], 2022).

Así mismo, México es un país importador de porcinos vivos y canales, mismos que mantienen un comercio activo, generando empleos, y, por otro lado, proporcionando al consumidor alimentos inocuos y con gran aporte nutricional, destacando un alto contenido de proteína (Villarino, 2004). De esta manera, para cubrir el abasto Nacional, es necesario mantener la importación y exportación constante, por ello, de acuerdo a los valores preliminares en el año 2021, los principales países que importan carne de cerdo a México son Estados Unidos, Canadá, España y Chile; mientras que los países que México exporta carne porcina son Japón, China, Estados Unidos y Corea del Sur.

Cuadro 1. Importación de carne de cerdo.

País	Toneladas importadas	% de aporte
Estados Unidos	1 millón	82%
Canadá	221 mil	17.3%
España	5 mil	0.4%
Chile	3 mil	0.2%

Fuente: Elaboración propia con información de compendio estadístico 2022 COMECARNE.

Cuadro 2. Exportación de la carne de cerdo.

País	Toneladas importadas	% de aporte
Japón	132 mil	52.6%
China	64 mil	25.4%
Estados Unidos	39 mil	15.5%
Corea del sur	10 mil	3.8%

Fuente: Elaboración propia con información de compendio estadístico 2022 COMECARNE

Para el año 2022, en México la producción de carne de cerdo incremento de 1 millón 737 mil toneladas a 2 millones 598 mil toneladas para consumo humano; mientras que la importación de carne de cerdos fue de 1,055 mil toneladas y la exportación será de 193 mil toneladas (SADER, 2022).

2.3.2 Producción nacional de carne de cerdo

Para inicio del primer bimestre del 2022 la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, informó que se obtuvo un incremento del 2.0% equivalente a 275,742 toneladas de la producción de carne de cerdo, en comparación a los datos obtenidos de enero-febrero de 2021, siendo de 270,664 toneladas (SADER, 2022).

Cuadro 3. Principales estados productores de carne de cerdo.

Estado	Producción en toneladas	% aportación a la producción total
Jalisco	381.276	22.6%
Sonora	303.602	18.0%
Puebla	181.660	10.8%
Yucatán	155.497	9.2%
Veracruz	152.518	9.0%
Guanajuato	134.086	7.9%
Michoacán	50.025	3.0%
Chiapas	30.655	1.8%

Oaxaca	30.198	1.8%
Querétaro	27.305	1.6%

Fuente: Elaboración propia con información de compendio estadístico 2022 COMECARNE.

Entre los principales estados productores de carne de cerdo a nivel nacional durante el año 2022, se encuentra en primer lugar Jalisco produciendo 381,276 toneladas, aportando un 22.6% de la producción total, así mismo, en segundo lugar, Sonora

2.3.3 Consumo internacional de carne de cerdo

En el mundo, la carne de cerdo es una de las más consumidas; observándose que en el año de 2019 el consumo per cápita fue de 15.6 kg por habitante al año, siendo el principal consumidor Hong Kong (82 kg/hab./año), la Unión Europea (41,1 kg/hab/año) y China (40 kg/hab/ año), mientras que, en el año 2021, china se posiciono como el principal consumidor seguido de Hong Kong, cuyo consumo se fue de 61, 52 y 37 kg/hab, respectivamente.

Para 2021, en Latinoamérica México se posiciono como el principal consumidor de carne de cerdo con 19.4 kg/hab, mientras que en el año 2022 se obtuvo un crecimiento del 3% de su consumo en relación al 2021 (USDA Cálculos Departamento de Análisis Económico de Latinoamérica 2022)

2.3.4 Consumo nacional de carne de cerdo

El consumo nacional en México en el año 2021 mostro un crecimiento del 11.2% respecto al del año 2020, pasando de 2,437,930 a 2,710,078 toneladas. Mientras que, el consumo per cápita de carne de cerdo fue de 20.76 kg de carne de cerdo consumida, existiendo variaciones de acuerdo a las temporadas del año, observándose que el consumo más alto se encuentro en el mes de diciembre con un valor de 2.04 kg de carne de cerdo consumido por mexicano (Consejo Mexicano de la Carne [COMECARNE], 2022).

2.4 Sistemas de producción porcina en México

La carne de cerdo a nivel nacional juega un papel muy importante para el sector económico, siendo la tercer carne más consumida y producida después de la de pollo y bovino. Con el paso de los años, la alimentación de los cerdos se ha modificado, teniendo diversas alternativas en dietas e ingredientes y, además, el mejoramiento genético ha incrementado el rendimiento de la canal, obteniendo animales más eficientes. (INTAGRI, 2019)

2.4.1 Sistema tecnificado

Este tipo de sistema presenta escalas de producción muy grandes apoyándose de aspectos tecnológicos principalmente automatización de procesos, manejo genético, uso de inseminación artificial, selección de pie de cría, y un control estricto de normas y principios de bioseguridad desde medicina preventiva, uso de biológicos, hasta estrategias con el personal, siempre preservando la salud de los animales en producción. Este sistema abarca del 40-50% del inventario en México y aporta el 75% de la producción nacional de carne de cerdo. (INTAGRI, 2019).

2.4.2 Sistema semi- tecnificado

Este sistema trata de limitar recursos económicos, las medidas de seguridad son variables, con respecto a aspectos nutricionales, son dietas balanceadas elaboradas en la propia granja y la mayoría de las actividades son de forma manual. La falta de flujo de producción y programación de instalaciones, provoca problemas de hacinamiento y manejo, ocasionado que el animal tenga comportamientos productivos desfavorables en el nivel de producción. Este sistema abarca del 20% del inventario en México (INTAGRI, 2019).

2.4.3 Sistema Artesanal, rural o de traspatio

Este tipo de sistema de producción de carne de cerdo se realiza a pequeña escala, los productores la realizan como una actividad de traspatio, es decir, donde no se cuenta con registros, la alimentación es mediante la compra de alimento comercial,

las medidas de bioseguridad son muy limitadas y el uso de medicina preventiva es deficiente

Dicha producción comprende varias modalidades: la producción de reproductores, la engorda de animales, la producción de lechones destetados para la venta a otras granjas y la producción en ciclo completo. Este sistema abarca del 30% del inventario en México (INTAGRI, 2019).

2. 5 Requerimientos nutricionales en cerdos etapa finalización

En los sistemas de producción las empresas porcinas tienen el objetivo de producir la mayor cantidad de kilos en el menor tiempo posible y al menor costo. La alimentación cubre un 65 a un 80% de los gastos totales, para ello se deben realizar análisis de los requerimientos por etapa productiva.

Cuadro 4. Requerimientos nutricionales etapa de finalización.

Nutriente	% de Requerimiento
Proteína	16.00
Lisina	0.75
Calcio	0.60
Fosforo	0.30
Energía digestible (Mcal/Kg)	3.30
Energía metabolizable (Mcal/Kg)	3.25

Fuente: (Campabadal, 2009)

2.6 Aditivos usados en la dieta para cerdos

Un aditivo se refiere a un producto que se agrega a una dieta balanceada en pequeñas cantidades, con el objetivo de incrementar la calidad nutricional del alimento, rendimiento productivo, y salud animal (Ravindran, 2010).

De acuerdo a la OMS un aditivo es cualquier sustancia con o sin valor nutritivo que no es consumida normalmente como un alimento y no se utiliza normalmente como un ingrediente típico del alimento (OMS, 2018).

2.6.1 Clasificación de los aditivos

De acuerdo al parlamento y consejo de la unión europea, la clasificación de los aditivos usadas en las dietas de los animales, tiene el objetivo de preservar la salud humana y la sanidad animal, por ello antes de comercializar un producto debe ser sometidos a una evaluación de seguridad, garantizando productos de buena calidad (Nuñez, 2016).

2.6.2 Aditivos Tecnológicos

Son aquellos que no aportan un valor nutricional, pero pueden mejorar su manejo, higiene y preservación de los alimentos como lo son:

- Conservadores: sustancias que protegen al alimento para evitar desnaturalización o pérdida de nutrientes.
- Antioxidantes: sustancia que evitan deterioro por oxidación.
- Reguladores de acides: regulan ph (alcalino o acidificante)
- Prebióticos y Probioticos: agregados en la dieta conocidos como fibra dietética, tienen aspectos favorables en el tránsito gastrointestinal, existe una mejor absorción de nutrientes y favorecen la salud intestinal (Barroso, 2018).

2.6.3 Aditivos Organoléptico

En los sistemas de producción los cerdos deben consumir una cierta cantidad de alimento de acuerdo a su etapa productiva, existen factores que pueden hacer variables de consumo, para ello se agregan este tipo de sustancias para generar un estímulo, el consumo puede incrementar mediante la adición de saborizantes en la dieta, productos que mejoran el aroma y sabor del alimento para incrementar la aceptación de este y enmascarar ingredientes menos palatables. (Pié, 2020).

2.6.4 Aditivos Nutricionales

Este tipo de aditivos ayuda a prevenir deficiencias nutricionales y mejorar el rendimiento productivo, son importantes en la dieta ya que mejoran digestibilidad, aseguran una correcta absorción de nutrientes por medio de enzimas y aminoácidos.

Este tipo de aditivos lo podemos encontrar en premezclas de acuerdo a la etapa productiva, cuyo contenido son vitaminas, aminoácidos, enzimas, minerales (Cordero, 2012).

2.6.5 Aditivos Zootécnicos

Este tipo de aditivos no aporta nutrientes pero su principal mecanismo es facilitar el aprovechamiento y conversión de los alimentos a ganancia de peso. Existe un grupo farmacológico donde podemos encontrar coccidiostáticos, secuestrantes de micotoxinas y antibióticos usados con fines terapéuticos o como promotores de crecimiento (AGROCALIDAD, 2021).

Por otra parte, como modificadores de eficiencias productivas, es decir mejorando la conversión alimenticia, aumentando deposición de tejido muscular y disminuyendo los niveles de grasa; está el grupo de β -adrenérgicos (ractopamina) utilizado en cerdos en etapas de finalización (PISA, 2016).

2.7 Aditivos β -adrenérgicos (Ractopamina)

2.7.1 Generalidades

Una forma de incrementar la calidad y competitividad de la carne de cerdo, además de las líneas genéticas, es adicionar a las dietas productos β -adrenérgicos durante la fase de finalización en la engorda. El clorhidrato de ractopamina es usado como un promotor de crecimiento, mejorando la conversión alimenticia haciendo una síntesis de proteína muscular, degradando grasa, y mejorando el rendimiento de la canal. La fórmula química de la ractopamina es 4-[1-hydroxy-2-[4([4hydroxyphenyl)butan-2-ylamino]ethyl]phenol (PISA, 2020).

2.7.2 Mecanismo de acción y Farmacocinética

La ractopamina es una molécula que cumple un proceso metabólico uniéndose a receptores β -adrenérgicos sobre la membrana celular, mismos que activarán a la proteína Gs, haciendo estímulos de los índices de lipólisis y la disminución de la lipogénesis. La activación de los receptores β -adrenérgicos en los adipocitos, promueve la hidrólisis de triglicéridos y disminuye la síntesis de ácidos grasos lo

que ocasiona una menor acumulación de lípidos, bloqueando la absorción de glucosa. El principal efecto de la ractopamina es formar un enlace con los receptores β -adrenérgicos causando una hipertrofia de las fibras musculares por medio de un incremento en la síntesis proteica ocasionada por el flujo de glucosa y aminoácidos a los miocitos, de manera que el número de fibras musculares se mantiene, pero el tamaño o diámetro de las fibras se incrementa.

Se administra por vía oral, es metabolizada en hígado, excretada por orina en un 88.1% y 8.4 % en heces (PISA, 2020).

2.7.3 Indicaciones y dosis

La ractopamina se utiliza en etapas de finalización indicado para cerdos con un peso de 80 kg hasta el sacrificio.

Se recomienda que los cerdos consuman dietas adicionadas con ractopamina un mínimo de 21 días y un máximo de 35 días.

En dosis de 5 a 10 ppm, tiene efectos favorables sobre la eficiencia alimenticia, ganancia diaria de peso y en el rendimiento en canal (Orozco, 2015).

2.7.4 Efecto de ractopamina en comportamiento productivo de cerdos

De acuerdo con el aumento de la población en los últimos años, la evolución en la porcicultura mostro cambios para incrementar la producción de carne de cerdo de alta calidad, en un menor tiempo y a un menor costo, mejorando la eficiencia alimenticia. El uso de aditivos en dietas de finalización como lo son la ractopamina utilizado como un modulador metabólico, para mejorar el comportamiento productivo, es decir, incrementar la ganancia de peso de 11 a 18% por día, durante la última etapa que comprende de 28 a 35 días antes del sacrificio, uno de los principales efectos es la disminución de grasa y la deposición de musculo aumentado la calidad magra de la canal (Braña, 2017).

La dosis de ractopamina dependerá de dosis bajas 5pp donde los cambios observados son: mejora ganancia de peso, eficiencia alimenticia, para dosis altas es decir aumentar de 5 a 20 ppm se produce un aumento en la calidad de la carne magra con eficiencias alimenticias altas (Rios *et al.*, 2010).

2.7.5 Efecto de ractopamina en carne de cerdos

La calidad sensorial de la carne de cerdo como lo son color, terneza, jugosidad, sabor, ausencia de olores y su textura no se ven modificados con el uso de este aditivo. Los cortes magros como lomo y pierna de cerdo contienen de un 2 a 11% de grasa intramuscular, el uso de este aditivo orienta que los nutrientes a una síntesis de proteína promoviendo una hipertrofia muscular. Estudios se han demostrado que en dosis de 5ppm en dietas con un aporte mínimo de 14.5 % proteína, administrado en un periodo de 28 días en etapa de finalización incrementa un 25% la grasa intramuscular en la carne de cerdo (Mariezcurrera *et al.*, 2012). La deposición de grasa en el cerdo se encuentra principalmente a nivel subcutáneo, en cavidades corporales, y zonas intramusculares. El contenido de la grasa intramuscular es el encargado de la jugosidad de la carne. Mendoza *et al.* (2017) evaluaron el nivel óptimo de la betaina en combinación con ractopamina sobre el crecimiento y las características de la canal de cerdos de engorda y reportaron que la ractopamina aumento el rendimiento en canal, la profundidad del lomo, el porcentaje magro previsto, y la profundidad de grasa dorsal. Elmes *et al.* (2014), reportaron que la inclusión dietética de ractopamina más aminoácidos en la dieta de cerdos mejoró el comportamiento productivo, y obtuvieron canales y cortes comerciales más pesados, sin embargo, observaron efectos mínimos en las características de la carne de cerdo. Con respecto al color de la canal, Barros *et al.* (2022), informaron que la ractopamina en conjunto con glicerina cruda, aumento la luminosidad (L*) de la canal y así mismo disminuyo el contenido del valor rojizo (a*), esto debido a que existe una reducción de la concentración de oximioglobina, debido a la reducción de la cantidad de hierro presente en el tejido. Panisson *et al.* (2020), reportaron que el uso combinado de ractopamina con ácido linoleico conjugado, aumento el área del ojo del lomo y se observó un mejor espesor de la grasa dorsal.

2.8 Calidad de la carne en cerdos

La industria porcina actualmente ha centrado su atención en las características de calidad de la carne, buscando así los productores mejorar la grasa intramuscular, el

color, la firmeza y los cortes primarios para satisfacer las demandas de los consumidores; esta demanda ha ido creciendo exponencialmente y es por tal motivo la importancia tanto de la calidad de la carne como las características de la canal (Khanal *et al.*, 2019).

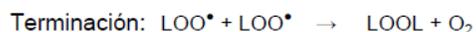
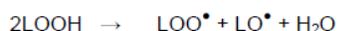
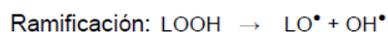
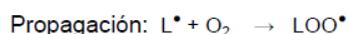
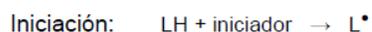
2.8.1 Oxidación lipídica en carne

Aumentar la vida de anaquel de los productos cárnicos y sus derivados, es un propósito dentro de la industria agroalimentaria; siendo la oxidación lipídica en la carne una de las principales causas que alteran las características de la canal ya que causan deterioro de las características sensoriales y la aparición de sustancias tóxicas, reduciendo la calidad organoléptica del producto final, esta oxidación explica Rossi *et al.*, (2013) afecta directamente el color de la carne, la capacidad de retención de agua, la fuerza de corte, el sabor y el olor. Los procesos de oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados son la principal causa de la modificación de las características organolépticas (Serra *et al.*, 2021), pero existen también otros factores que afectan la oxidación de los lípidos incluido el manejo del sacrificio y causas de estrés oxidativo en los animales (Xing *et al.*, 2019). Se ha incursionado en el estudio del uso de antioxidantes naturales, siendo una forma efectiva para retrasar el proceso de oxidación en la carne, prolongando así, la vida de anaquel.

2.8.1.1 Proceso de oxidación lipídica

En condiciones normales del cuerpo, las células de los animales están constantemente expuestas a sustancias oxidantes que pueden provenir tanto del exterior como del interior. Para protegerse de estas agresiones, las células cuentan con un sistema de defensa antioxidante. De esta manera, en las células vivas se mantiene un equilibrio entre las sustancias que promueven la oxidación y las sustancias antioxidantes. Sin embargo, los cambios bioquímicos que ocurren durante la conversión de los músculos en carne hacen que desaparezcan las condiciones que mantenían este equilibrio, y se inclinan hacia las sustancias oxidantes (Rodríguez., 2011).

Las reacciones de oxidación de los lípidos en la carne son bastante complejas Rogriguez., (2011); la oxidación lipídica implica principalmente la participación de los ácidos grasos insaturados (AGI) y el oxígeno, lo que resulta en la formación de hidroperóxidos a partir de los ácidos grasos, especialmente los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), que tienen posiciones alílicas muy reactivas. Los procesos de oxidación de los lípidos, consta de cuatro fases generales: iniciación, propagación, ramificación y terminación.



2.8.1.2 Análisis de la oxidación lipídica

Uno de los métodos más utilizados para medir el daño oxidativo en los lípidos es mediante la determinación de los niveles de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Fassiano *et al.*, 2012), siendo los productos de oxidación secundarios de la oxidación lipídica que se forman a partir de la descomposición de los hidroperóxidos de los ácidos grasos, por tal motivo el análisis mas utilizado para medir los compuestos secundarios de la oxidación de la carne y los productos cárnicos ha sido el índice del ácido tiobarbitúrico (TBA). Este método analítico evalúa la cantidad de compuesto malondialdehído (MDA) y otras sustancias similares conocidas como sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), para determinar el grado de oxidación lipídica (Ganhão *et al.*, 2011; Luna C., 2018).

2.8.1.3 Antioxidantes y su importancia en sistemas de producción

Los antioxidantes desempeñan un papel crucial en los sistemas de producción animal, al ayudar a mantener un equilibrio redox saludable y prevenir el estrés oxidativo. El estrés oxidativo ocurre cuando hay un desequilibrio entre los oxidantes y los antioxidantes en el cuerpo, lo que puede provocar daños en las células y tejidos (Hao *et al.*, 2021). La suplementación de antioxidantes en la alimentación de los animales puede ayudar a neutralizar los radicales libres y otros compuestos oxidantes, reduciendo así el estrés oxidativo. Esto pueden tener varios beneficios para los animales teniendo en cuenta que la suplementación de antioxidantes en la dieta debe ser de manera equilibrada según la especie y etapa de producción, los beneficios de la adición de antioxidantes en la dieta de los animales son los siguientes:

- **Mejora del crecimiento y la salud:** La suplementación con antioxidantes puede mejorar el crecimiento y la salud de los animales. Los antioxidantes ayudan a proteger las células y tejidos del daño oxidativo, lo que puede mejorar la salud general de los animales y promover un crecimiento óptimo.
- **Reducción de la inflamación:** El estrés oxidativo puede desencadenar procesos inflamatorios en el cuerpo. Los antioxidantes pueden ayudar a reducir la inflamación y promover una respuesta inmune saludable en los animales.
- **Mejora de la calidad de la carne:** La oxidación de lípidos y proteínas es un proceso de deterioro que puede afectar la calidad de la carne. La suplementación con antioxidantes puede ayudar a prevenir la oxidación de lípidos y proteínas, lo que puede mejorar la calidad de la carne y prolongar su vida útil.
- **Mejora de la ingesta de alimentos:** Algunos antioxidantes, como los polifenoles, pueden mejorar la palatabilidad de los alimentos para animales, lo que puede aumentar la ingesta de alimentos y promover un mayor aumento de peso (Serra *et al.*, 2021).

2.8.1.4 Estrategias para prevenir la oxidación en carne

Las investigaciones tienen en común que buscan promover la producción de carne de cerdo de alta calidad. Iglesias y Casariego., (2023), evaluaron el efecto de un extracto de flor (*Taliparitielatum*Sw.) en la inhibición de la oxidación lipídica en carne de cerdo molida, reportaron presencia de compuestos fenólicos en el extracto de flor, el cual causó un efecto inhibitorio en la formación de TBARS e indicando una protección frente a la oxidación en la carne molida refrigerada, siendo la mínima concentración 0.5%, la que obtuvo una menor oxidación con respecto al control.

Perlo *et al.*, (2020), determinaron el efecto del extracto de romero en la carne de cerdo, en dos sistemas de envasado (bandejas con papel film, y al vacío), evaluando durante la comercialización y almacenamiento, las características de la canal (pH, color, índice de rojez, oxidación de lípidos, recuento total de aerobios mesófilos, mermas por goteo, aroma a carne en mal estado y aromas no característicos), reportando que independientemente del tipo de envasado para su almacenamiento se observó una disminución de la oxidación lipídica al adicionar el extracto de romero, sin afectar las demás variables evaluadas con respecto a las características de la canal.

Guo *et al.*, (2023), informan que la alfalfa contiene abundantes componentes beneficiosos como flavonoides y saponinas, que son importantes ingredientes activos con efectos antioxidantes y eliminadores de radicales libres, por tal motivo evaluaron los efectos del alfalfa sobre los parámetros del comportamiento productivo y la calidad de la carne de cerdos de engorde, y observaron que la inclusión de alfalfa promovió los parámetros de crecimiento y mejoró la capacidad antioxidante de los cerdos en engorde.

Cardenia *et al.*, (2011), reportaron que el adicionar en la dieta de cerdos aceite de girasol y vitamina E puede utilizarse como una estrategia de suplementación adecuada para producir carne de cerdo con una estabilidad oxidativa adecuada, lo que confirma el efecto antioxidante de la vitamina E, pudiendo ser mejorada aún más mediante el uso de envases protectores alternativos y adecuadas condiciones

de iluminación durante el almacenamiento comercial, para así favorecer la vida de anaquel de la canal.

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente existe la necesidad de producir alimentos para consumo humano que satisfacen cuanto a calidad y cantidad la demanda existente. La producción de carne de cerdo en el año 2021 en México fue alrededor de 1 485 000 de toneladas, de las cuales se calcula que hubo 21 000 000 de cabezas de cerdos sacrificados para consumo humano tanto nacional como exportación.

La alimentación de los cerdos en explotaciones porcinas en la fase de finalización se basa principalmente utilizando granos como maíz o sorgo principalmente y una fuente proteica utilizándose la pasta de soya principalmente, obteniendo conversiones alimenticias de 2.5 , sin embargo, se ha observado que incluyéndose aditivos en las dietas de los cerdos el ritmo de crecimiento puede incrementar, acelerando el proceso de engorda, haciéndose más productivo la utilización de los ingredientes que consumen los cerdos y mayor producción de carne para consumo humano.

La ractopamina es un β adrenérgico que se utiliza como aditivo en la alimentación de los cerdos, y solo se administra 5 semanas antes del sacrificio, es decir, en la etapa e finalización, sin tener periodo de retiro previo al sacrificio. Actualmente se utiliza ractopamina en la alimentación de los cerdos en países como México y Estados Unidos, siendo prohibido su uso en países de la Unión Europea, Japón, China y Rusia.

El uso de ractopamina en la alimentación de los cerdos incrementa la masa muscular y síntesis de proteína muscular, sin embargo, no se ha cuantificado el periodo de vida de anaquel utilizando la técnica de oxidación lipídica en la carne de cerdos con este aditivo.

Por tal motivo, es de suma importancia evaluar la oxidación lipídica de la carne de cerdos alimentados con ractopamina durante un periodo de 12 días y así cuantificar los cambios de oxidación en la carne.

IV. Hipótesis

El uso de aditivos en dietas para cerdos en la fase de finalización como la ractopamina incrementa el comportamiento productivo modificando las características de la canal sin alterar la oxidación lipídica en la carne de cerdo.

V. Objetivos

5.1 Objetivo general

- Evaluar la respuesta productiva, características de la canal y oxidación lipídica en cerdos alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en la etapa de finalización.

5.2 Objetivos específicos

- Evaluar la respuesta productiva de los cerdos en la etapa de finalización alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en términos de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión y eficiencia alimenticia en cerdos en la etapa de finalización.
- Evaluar las características morfométricas de la canal de cerdos alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en la etapa de finalización.
- Evaluar el peso y volumen de piernas y brazos de cerdos alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en la etapa de finalización.
- Evaluar la capacidad de retención de agua, color, pH, fuerza de corte y composición química nutrimental en el músculo *Longissimus dorsi* y *Semimembranoso* de cerdos alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en etapa de finalización.
- Evaluar el pH y color durante un periodo de 0, 3, 6, 9 y 12 días, en carne de cerdo del músculo *Longisimus dorsi*, alimentados con dietas adicionadas con ractopamina en etapa de finalización.
- Evaluar la estabilidad oxidativa lipídica en carne cruda de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, durante 0, 3, 6, 9 y 12 días de refrigeración.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

6.1. MATERIAL

6.1.1 Material de campo

- Jaulas metabólicas individuales (1m x 1m x0.8m) las cuales contenían bebedero tipo tazón y comedero automático
- Báscula digital
- Bascula de piso capacidad 150kg
- Cubeta o bote con capacidad de 10 litros
- Formatos de registros
- Lapicero
- Overol
- Botas de hule
- Cubrebocas
- Escobas, Palas, Carretilla
- Cuchillos
- Bolsas de plástico
- Guantes
- Escuadras metálicas
- Vernier
- Acetatos
- Marcadores
- Bolsas de polietileno
- Papel film
- Contenedor de agua
- Probetas

6.1.2 Material biológico

Se utilizaron 32 cerdos York-Landrace, en periodo de engorda, con un peso inicial promedio de 82.5 kg.

6.1.3 Equipo de Laboratorio

- Potenciómetro.
- Cintas métricas.
- Colorímetro.
- Molino de carne.
- Bascula.
- Espectrofotómetro.
- Warner Braxler.
- Baño María.
- Planímetro.
- Platos de unicel.

6.2 MÉTODO

6.2.1 Animales e Instalaciones

El procedimiento experimental se llevó a cabo en el Área Experimental de Producción Animal en la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, localizada en el Cerrillo Piedras Blancas, Estado de México.

Se utilizaron 32 cerdos (Landrace X Yorkshire) con un peso inicial promedio de 82.5 kg, los cuales fueron divididos y asignados a uno de los dos tratamientos experimentales y se mantuvieron en producción, ubicados individualmente en cada una de las jaulas metabólicas, durante 5 semanas para posteriormente ser sacrificados, para poder evaluar las características de la canal.

6.2.2 Dietas y Tratamiento

Las dietas experimentales se especifican a continuación:

- T1: Dieta Testigo
- T2: Dieta testigo + Ractopamina (10 ppm)

Cuadro 5. Composición de ingredientes de la dieta basal y composición nutrimental calculado (80-100 kg de peso vivo).

Ingredientes (kg)	Tratamiento		Requerimientos nutricionales (NRC 2012)
	Testigo	Ractopamina	
Maíz	55.11	55.06	
Sorgo	9.2	9.2	
Pasta de Soya	26.51	26.51	
Salvado de Trigo	5	5	
Aceite Vegetal	1	1	
Premix Vitaminas comercial	0.05	0.05	
Premix Minerales	0.1	0.1	
Carbonato de Calcio	1.3	1.3	
Ortofosfato	0.8	0.8	
Lisina	0.4	0.4	
Treonina	0.3	0.3	
Metionina	0.2	0.2	
Ractopamina	-----	0.05	
Aditivos ¹	0.0215	0.0215	
Total	100	100	
Aporte Nutricional Calculado			
Materia Seca (%)	89.1	89.1	-
Energía Neta (Mcal/Kg)	2.5	2.5	2.47
Proteína Cruda (%)	16	16	-
Extracto Etéreo (%)	3.29	3.29	-
Fibra Cruda (%)	3.64	3.64	-
Calcio (%)	0.76	0.76	0.75
Fosforo (%)	0.63	0.63	0.62
Lisina (%)	1.2	1.2	1.16
Treonina (%)	0.8	0.8	0.74
Metionina (%)	0.38	0.38	0.34

¹= Colina 30g/100 kg, fitasa 10g/100kg, xilanas 15g/100kg. Proteasa 40g/100 kg. Levadura (Saccaromices Cereviciae) 40g/100kg. Micofix plus 150 g/100 kg.

Las dietas experimentales que se ofrecieron cubrían los requerimientos nutricionales de cerdos en la etapa de finalización (NRC 2012) mismas que fueron mezcladas en la planta de alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. Las dietas elaboradas

se almacenaron en recipientes para prevenir que la fauna nociva tenga contacto con el alimento.

6.2.3 Desarrollo experimental

Para iniciar el experimento se pesaron los cerdos y se homogenizaron para ser distribuidos en dos grupos de 16 cerdos ubicados individualmente en cada jaula metabólica, a los cuales se les ofreció el alimento balanceado sin aditivo (T1 testigo) y (T2) testigo + ractopamina.

Una vez iniciado el experimento los cerdos fueron pesados una vez por semana durante un periodo de 5 semanas y a la vez se les ofreció alimento diariamente por la mañana llevando registros; se les ofreció un excedente de alimento para asegurar que el consumo de alimento sea voluntario y al día siguiente se realizó el pesaje el rechazo. El agua que se les ofreció fue a libre acceso.

Durante todo el periodo experimental se les realizó limpieza diariamente en las jaulas metabólicas y en la nave experimental para evitar fauna nociva que pudiera afectar el comportamiento y salud de los cerdos.

6.2.4 Comportamiento productivo

Se registró semanalmente el peso vivo de los cerdos y el consumo de alimento durante todo el periodo experimental, posteriormente se calculó la conversión y eficiencia alimenticia de todo el experimento.

Concluyendo las 5 semanas experimentales, los cerdos se pesaron para obtener el peso vivo final y fueron llevados al rastro municipal ubicado en Capulhuac Estado México, siguiendo las especificaciones de la normatividad correspondiente; Norma Oficial Mexicana (NOM-033-SAG/ZOO-2014), Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Asegurando las condiciones de transporte de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales.

6.2.4.1 Consumo diario de alimento (CDA)

El consumo de alimento de los cerdos se registró todos los días, ofreciéndoles alimento por las mañanas (8:00 – 9:00 h) con un excedente de alimento asegurando

que su consumo sea a libitum; al día siguiente, se juntó el rechazo mismo que se pesó para obtener la cantidad de alimento consumido.

6.2.4.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

El peso de los cerdos se realizó una vez por semana (lunes de 9:00 – 10:00 h), durante todo el periodo experimental. La ganancia diaria de peso se obtuvo con la siguiente formula:

$$\text{GDP} = (\text{Peso vivo final} - \text{Peso vivo inicial}) / \text{Periodo (días)}$$

6.2.4.3 Conversión alimenticia (CA)

La conversión alimenticia se calculó semanalmente, es decir, el total del alimento consumido por semana entre la ganancia de peso:

$$\text{CA} = \text{Consumo de alimento total} / \text{Ganancia total de peso}$$

6.2.4.4 Eficiencia alimenticia (EA)

Para calcular la eficiencia alimentaria se emplearon los valores de ganancia total de peso y consumo total de alimento, mediante la siguiente formula:

$$\text{EA} = \text{Ganancia total de peso} / \text{Consumo total de alimento}$$

6.2.5 Peso vivo final a la matanza, peso canal caliente, peso canal fría y rendimiento de la canal

Al finalizar el experimento se obtuvieron los datos del peso vivo final de los cerdos. Posterior al último pesaje, los cerdos fueron transportados al rastro para la matanza. La llegada y descarga al matadero fue rápida evitando factores que pudieran alterar la calidad de la canal. Se realizó la matanza de acuerdo con las especificaciones que están descritas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-033-ZOO-2014 Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres). Se insensibilizó a los

cerdos mediante electroaturdimiento, se realizó el desangrado a través de un corte lateral en el cuello, en la arteria y vena yugular (degollé), Posteriormente a la matanza se realizó el escaldado, para retirar el pelo posterior a su inmersión en agua, la cual se mantuvo a una temperatura (57 y 65 ° C durante 2- 5 minutos), se evisceraron y se procedió a lavar la canal de los cerdos.

A los 45 minutos post- matanza se pesó la canal para registrar el valor del peso de la canal caliente; después de transcurrir 24 horas de refrigeración a 4°C, se pesó nuevamente la canal, obteniendo el peso de canal fría. Para conseguir el rendimiento de la canal se utilizarán los valores de peso canal fría y peso vivo a la matanza mediante la siguiente fórmula:

$$RC = (\text{Peso canal fría} / \text{Peso vivo a la matanza}) \times 100$$

6.2.5.1 Evaluación morfométrica de la canal

Posterior a la matanza los cerdos se refrigeraron por 24 horas a temperatura de 4° C y se realizaron las siguientes mediciones:

- Longitud de la canal (cm).
- Longitud de pierna (cm).
- Diámetro pierna (cm).
- Longitud cóncava torácica (cm).
- Profundidad tórax (cm).
- Peso cabeza (kg).
- Peso de patas (kg).

6.2.5.2 Composición química de la carne de cerdo

Posterior a la matanza, se tomaron muestras del músculo *Longissimus dorsi*, músculo *semimembranoso* y músculo *bíceps braquial*, para analizar la composición química nutrimental de la carne siguiendo los procedimientos descritos por la AOAC (2006); las muestras fueron procesadas para determinar materia seca según el

método 2001.12, proteína usando el método de Kjeldahl (968.06), cenizas por incineración a 550°C según el método 935.12 y extracto etéreo usando el método Soxlet (920.39).

6.2.6 Mediciones instrumentales.

Con ayuda de equipo de laboratorio se realizaron los cortes primarios.

6.2.6.1 Medición de pH en intestino delgado.

Se tomaron los valores de pH en las tres porciones del Intestino Delgado (Duodeno, Yeyuno e Íleon)

6.2.6.2 Medición de pH en Carne

Para evaluar el pH de la carne, se utilizó un potenciómetro, el cual, se introdujo en la carne en tres cortes primarios del cerdo (músculo *Longissimus dorsi*, músculo *semimembranoso* y músculo *bíceps braquial*), en donde se perforó con el electrodo perpendicular a la masa muscular considerando dos centímetros de profundidad, y posteriormente se obtuvo el valor obtenido. El pH se midió a los 45 minutos y 24 h post-matanza.

6.2.6.3 Volumen

El volumen se midió introduciendo los cortes primarios en recipientes aforados a de 20 L de agua y se introdujo el corte primario y por desplazamiento de agua se midió el volumen, bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen (cm}^3\text{)} = \text{Agua total en el recipiente} - \text{agua total desplazada}$$

6.2.6.4 Color

Se midió el color en la carne proveniente de los tres cortes primarios del cerdo (músculo *Longissimus dorsi*, músculo *semimembranoso* y músculo *bíceps braquial*) con ayuda de un colorímetro que evaluó la luz mediante el uso de filtros de tres o cuatro colores (longitud de onda específica), y se obtuvo L* (Luminosidad) de claro

a oscuro, a* de verde a rojo, b* de azul a amarillo, Croma o saturación (c*) y Hue o tono (H*).

6.2.6.5 Pérdida de agua por cocción.

Se obtuvo una muestra de carne de los tres cortes primarios (músculo *Longissimus dorsi*, músculo *semimembranoso* y músculo *bíceps braquial*) promedio de 5 g con espesor de 1.5 cm, la cual fue introducida en bolsa de polietileno y se sometió a baño maría a una temperatura de 75°C; transcurrida 1 hora, la muestra se separó de la bolsa, se secó con papel filtro (sin hacer presión) y se pesó. El porcentaje de pérdida de agua por cocción (% PA) fue calculado con la siguiente ecuación:

$$PA = (\text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso final de la muestra}) \times 100$$

6.2.6.6 Fuerza de corte

Se evaluó la fuerza de corte de una muestra de carne obtenida posterior al cálculo de pérdida de agua por cocción y se obtuvieron los valores de resistencia al corte (kg/cm²), se implementó un equipo Warner- Bratzler, el cual realizaron un corte perpendicular a las fibras con la ayuda de dos cuchillas.

6.2.7 Oxidación lipídica de la carne

Con la carne de las canales de los cerdos experimentales se elaboraron hamburguesas de acuerdo a la siguiente composición:

Ingrediente	Cantidad (g/100 g)
Carne	97.0
Sal	1.20
Agua	1.80

Por cada tratamiento probado se tomaron 5 muestras (hamburguesa de 66 g c/u) con cinco repeticiones cada muestra para analizar los días 0, 3, 6, 9 y 12, los sistemas modelo fueron elaborados utilizando un aro como molde convencional

para hamburguesas con forma oval de 10 cm de diámetro y 1 cm de grosor, las hamburguesa del día cero se guardaron en congelación a -20°C envueltos en papel de aluminio, y las hamburguesas restantes (días 3, 6, 9 y 12) se colocaron en bandejas de plástico cubiertas con papel film plástico transparente y se sometieron a refrigeración a 4°C, durante 3, 6, 9 y 12 días con luz fluorescente durante 24 horas, con el fin de simular las condiciones de ventas tradicionales.

Para evaluar la estabilidad oxidativa lipídica de la carne se llevó a cabo un análisis de TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico). Se homogenizó 5 g de carne de hamburguesa en tubos falcón, se adicionó 15 mL de ácido perclórico al 3.8% y 0.5 mL de BHT (butilhidroxitolueno) al 4.2% en etanol. Durante la homogenización, los tubos de plástico se mantuvieron inmersos en hielo para minimizar la producción de nuevas reacciones oxidativas durante la extracción de TBARS. Posterior a realizar el homogenizado, se centrifugó a 3000 rpm, durante 4 min, a 4°C. Se mezcló alícuota de 2 mL que se mezclaron con 2 mL de TBA (0.02M) en tubo de vidrio con tapa de rosca. Los tubos con la muestra y la curva patrón se colocaron en agua hirviendo a 100°C durante 45 minutos. Trascorrido el tiempo se dejaron enfriar los tubos de vidrio, y posteriormente se midió la absorbancia de la mezcla resultante a 532 nm. La curva estándar se preparará utilizando 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) a una concentración de 0.2282 g TEP/L. La oxidación lipídica de las muestras se midió a los 0, 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento en refrigeración.

6.3 Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental al azar donde los datos recolectados fueron procesados con análisis de varianza según el procedimiento de modelo lineal general con ayuda del programa estadístico SAS (2002). La comparación de medias se realizó mediante el método de Tukey (Steel *et al.*, 1997)

VII LÍMITE DE ESPACIO

El presente trabajo se realizó, en el área Experimental de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México. Sus coordenadas son; Longitud (dec): -99.679167, Latitud (dec): 19.415833. La localidad se encuentra a una altura de 2632 metros sobre el nivel del mar su clima es templado subhúmedo con temperatura media anual de 13.7 °C, la precipitación media anual varía de 1,000 a 1,200 mm; las heladas son de 80 a 140 días en la época fría (INAFEDSEGOB, 2010)

El análisis se realizó en los laboratorios de Bromatología, de Ciencia y Tecnología de la Carne del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas Toluca Estado de México.

VIII. LÍMITE DE TIEMPO

La investigación se realizó en cuatro fases:

1.- Protocolo	Octubre 2023
2.- Trabajo de campo (Experimento)	Noviembre- Diciembre 2023
3.- Trabajo de análisis estadísticos e Interpretación de datos (Dietas)	Diciembre 2023
4.- Redacción y revisión de tesis	Diciembre 2023

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Comportamiento productivo

En el Cuadro 6 se observa, el comportamiento productivo de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, donde el peso inicial de los cerdos fue similar ($P > 0.05$) en ambos tratamientos, sin embargo, los animales que se les adiciono ractopamina a su dieta, tuvieron valores mayores ($P < 0.05$) en el peso vivo final, ganancia de peso total, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia, sin embargo, en la conversión alimenticia, el tratamiento testigo fue mayor ($P < 0.05$) comparado con la dieta de ractopamina. Con respecto al consumo total de alimento fue similar estadísticamente ($P > 0.05$) entre ambos tratamientos.

Cuadro 6. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P
	Testigo	Ractopamina		
Peso vivo inicial (Kg)	62.18	62.50	1.370	0.996
Peso vivo final (Kg)	97.41 ^b	106.50 ^a	2.480	0.042
Ganancia de Peso Total (Kg)	36.33 ^b	43.25 ^a	1.650	0.013
Ganancia Diaria de Peso (g)	648.81 ^b	772.32 ^a	0.029	0.011
Consumo Total de Alimento (Kg)	139.28	142.38	6.130	0.654
Consumo Diario de Alimento (Kg)	2.47	2.48	0.097	0.607
Conversión alimenticia	3.84 ^a	3.30 ^b	0.100	0.004
Eficiencia Alimenticia	0.26 ^b	0.30 ^a	0.008	0.006

¹Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

En el estudio presentado por Pérez *et al.* (2005), se observan los efectos de la ractopamina con relación al sexo de cerdos en fase de engorda, donde la ganancia diaria de peso (GDP) mostro cambios significativo ($P < 0,001$) observándose que los machos castrados sin ractopamina presentaban una mayor GDP con respecto a las hembras sin ractopamina (0,973 vs 0,758 kg/día), mientras que la adición de ractopamina a la dieta permitió a las hembras igualar a los machos en este parámetro.

Por otro lado, Meza *et al.* (2017), evaluó el efecto de la ractopamina sobre el rendimiento productivo en 27 cerdas en finalización reportando una mejor conversión alimenticia adicionando 20 ppm de ractopamina.

La ractopamina adicionada en la alimentación para cerdos de engorda mejora efectivamente el rendimiento que es en la actualidad un parámetro muy relevante para las producciones dedicadas a esta especie, Apple *et al.*, (2007), concluyeron en un metanálisis que realizaron, que la alimentación de cerdos de engorda adicionando ractopamina mejora los parámetros productivos, repercutiendo de una manera positiva en la producción de esta especie.

En el presente estudio se puede observar que a las dietas adicionadas con ractopamina, mostraron una mayor ganancia de peso total respecto a la dieta testigo, lo que concluye que este aditivo mejora los parámetros productivos obteniendo resultados favorables en la engorda de cerdos.

9.1.1 Pérdida de peso durante el transporte y periodo de descanso pre-matanza.

En el Cuadro 7, se analiza pérdida de peso de los cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización durante el transporte y periodo de descanso pre-matanza, en donde se observa que los cerdos alimentados con ractopamina obtuvieron los valores más altos ($P < 0.05$) en el peso vivo después del transporte y en el peso vivo al sacrificio comparados contra el tratamiento testigo. El % de pérdida de peso durante el transporte y el % de pérdida de peso total (transporte y descanso pre-matanza) fue similar entre los tratamientos ($P > 0.05$).

Durante el transporte de los cerdos de la unidad de producción al área de sacrificio existe estrés por parte de los animales, siendo más severo cuando la distancia es mayor, ocasionando problemas de salud y calidad de la carne, lo que propicia pérdidas económicas a los productores (Herrera *et al.*, 2009). En el presente estudio, ambos tratamientos perdieron similar cantidad de peso durante el transporte (3.13 y 3.84 kg, respectivamente), sin embargo, existe una tendencia en el % de pérdida total de peso, siendo los animales que consumieron ractopamina los que perdieron más peso. El motivo por el cual los cerdos tuvieron esta tendencia es porque la ractopamina ayuda a introducir agua en el músculo, y en el momento

del estrés de los cerdos en el transporte ocurre una deshidratación, siendo los animales más afectados los que tienen más agua corporalmente.

Cuadro 7. Pérdida de peso de los cerdos Alimentados con ractopamina en etapa de finalización durante el trasporte y periodo de descanso pre- matanza.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Peso vivo después del trasporte (Kg)	93.33 ^b	102.20 ^a	2.280	0.029
Peso vivo al sacrificio (Kg)	92.83 ^b	101.25 ^a	2.470	0.050
% Perdida durante el trasporte	3.13	3.84	0.574	0.33
% Perdida Total (trasporte + descanso)	4.67	5.53	0.440	0.091

¹Error estándar de la media, ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

9.2 Características de la canal

En el cuadro 8, se muestran las características de la canal de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observó que los cerdos alimentados con ractopamina tuvieron los valores más altos ($P < 0.05$) en el peso (kg) de la canal caliente y en el peso (kg) de la canal fría comparados con canales del grupo testigo. Por otro lado, en la pérdida de agua por escurrimiento (kg), % de pérdida de agua, rendimiento de la canal (%) y grasa dorsal (mm) fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$) entre los tratamientos. La capacidad de retención de agua hace referencia a la capacidad de la carne para evitar la salida de agua de su interior, teniendo en cuenta que entre un 65 y 80% del peso del musculo es agua (Jerez et al., 2013), ambos tratamientos analizados en el presente estudio tuvieron similares cantidades de pérdida de agua, lo cual evidencia que la ractopamina no influye en la pérdida de agua post mortem.

Cuadro 8. Características de la canal en cerdos alimentados con ractopamina etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		

Peso canal caliente (Kg)	71.333 ^b	78.767 ^a	1.58	0.006
Peso canal fría (Kg)	69.922 ^b	76.578 ^a	1.37	0.003
Perdida de agua por escurrimiento (Kg)	1.411	2.188	0.45	0.678
% de perdida de Agua	1.99	2.73	0.563	0.860
Rendimiento de la canal (%)	75.35	75.71	0.834	0.590
Grasa dorsal (mm)	1.88	1.62	0.198	0.113

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

Por otro lado, De acuerdo al trabajo realizado por Duran *et al.* (2013) demostraron en un estudio con 12 cerdos adicionados a (0,5 y 10) ppm de ractopamina, mostrando que las dietas a las que se les adiciono este aditivo, las canales presentaron cambios, reduciendo el espesor de la grasa dorsal ($P < 0,05$) en los dos grupos experimentales (1,0 y 0,5 cm) con relación al grupo testigo (1,5 cm). En el presente estudio se muestran parámetros similares a lo antes mencionado por los autores, lo que concluye que la genética del animal, la alimentación y el uso de aditivos mejoran los rendimientos tanto productivos como de la canal mejorando su calidad y ofreciendo productos magros.

9.2 .1 Características morfométricas de la canal de cerdos alimentados con ractopamina.

En el cuadro 9, se analizan las características morfométricas de la canal de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observa que los cerdos alimentados con ractopamina tuvieron los valores más altos ($P < 0.05$) en el diámetro de la pierna (cm), longitud cavidad torácica (cm) comparados con canales del grupo testigo; mientras que los valores de, en la longitud de la canal (cm), Longitud de pierna (cm) Ancho Pierna (cm), profundidad del tórax (cm), peso de la cabeza y peso patas fueron similares estadísticamente para ambos tratamientos ($P > 0.05$).

Se ha observado que una de las funciones de la ractopamina a nivel celular es favorecer la incorporación de agua en el musculo, lo que ocasionaría un mayor crecimiento, siendo los músculos de la pierna los que se ven más afectado por este

proceso metabólico, observando un mayor diámetro de la pierna en los animales que consumieron ractopamina en la dieta (Mitchell., 2009), por otro lado, existen músculos en los cerdos que están delimitados por otros compuestos como huesos, que delimitaría el crecimiento muscular, tal y como se refleja en el presente estudio. La hipertrofia muscular ocurrida en los músculos de la pierna favorece el incremento en volumen (cm³), y a la vez, el aumento del peso (g) de esta región de los cortes primarios de las canales de los cerdos.

Cuadro 9. Características morfométricas de la canal de cerdos alimentados con ractopamina etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Longitud de la canal (cm)	101.11	101.233	2.04	0.628
Longitud de Pierna (cm)	38.03	36.23	1.29	0.229
Diámetro Pierna (cm)	68.78 ^b	72.467 ^a	0.74	0.002
Longitud cavidad torácica (cm)	70.40	73.90	2.64	0.503
Ancho Pierna (cm)	24.58	24.46	0.77	0.205
Profundidad Tórax (cm)	18.40	17.51	1.10	0.497
Peso Cabeza (kg)	4.633	4.833	0.090	0.195
Peso Patas (Kg)	1.833	1.900	0.067	0.816

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

En el cuadro 10 se demuestran el peso (g) y volumen (cc) de piernas y brazos de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observa los valores mayores ($P < 0.05$) peso (g) y volumen (cc) en los tratamientos que se adiciono ractopamina, comparados con el grupo testigo; mientras que, en el volumen de brazos y peso (g) de los brazos son similares estadísticamente para ambos tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 10. Peso (g) y volumen (cc) de piernas y brazos de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Volumen brazos (cc)	7020.8	7277.5	253.70	0.111
Volumen piernas (cc)	9133.3 ^b	10562.7 ^a	347.49	0.004

Peso Brazos (g)	7735.8	7590	333.09	0.299
Peso Pierna (g)	9264.2 ^b	11124 ^a	302.17	0.005

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

9.2 .2 Color del Musculo *Longissimus dorsi* y *Semimembranoso*

En el Cuadro 11 se analizó el color del Musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observa que los cerdos del tratamiento testigo obtuvo el valor más alto ($P < 0.05$) en el color a^* comparados con los cerdos alimentados con ractopamina, Por otro lado, los valores estadísticos del color L^* , b^* , C^* y H^* , para ambos tratamientos fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$).

Cuadro 11. Color del Musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización,

Color	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
L *	55.07	53.97	1.69	0.941
a*	10.18 ^a	8.27 ^{ab}	0.66	0.001
b*	6.76	5.33	0.70	0.080
C*	12.29 ^a	9.68 ^{ab}	0.88	0.005
H*	32.74	30.43	2.39	0.864

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

En el Cuadro 12, se muestra el color del musculo *Semimembranoso* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) en el color L^* , teniendo los valores más altos en el grupo testigo comparados con el tratamiento de ractopamina, respectivamente; Sin embargo, Los colores a^* , b^* , C^* y H^* fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 12. Color del Musculo *Semimembranoso* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Color	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
L *	52.97 ^a	50.25 ^b	0.75	0.042
a*	8.99	7.38	0.85	0.856

b*	4.53	3.55	0.64	0.459
C*	10.13	8.14	1.02	0.219
H*	27.56	24.78	1.71	0.271

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

El color de la carne depende de la cantidad de mioglobina, hemoglobina y citocromos presentes (Bekhit *et al.*, 2019). Por lo tanto, cada musculo presente en los cerdos tiene diferente color debido a la actividad que desarrollan en el animal. El musculo *Longissimus dorsi* es el musculo donde principalmente se realizan los análisis de la calidad de la carne por ser un musculo de gran dimensión seguido del semimembranoso. Garbossa *et al.*, (2013) realizo un estudio en cerdos en la que adiciono Ractopamina a una dosis de 10 ppm en la dieta y observo valores en el musculo Longissimus dorsi fue de L* de 51.2, a* 6.91 y de b* de 0.46; estos valores son similares a los encontrados en el presente estudio, por otro lado, Costa E Silva *et al.*, (2017) adiciono ractopamina en la dieta a una dosis de 7.5 ppm y observo valores de L* de 41.47, a* de 9.2 y de b* de 1.2 siendo estos valores diferentes a los encontrados en el presente estudio, lo que demuestra que la adición de ractopamina afecta el color de la carne, debido a que este aditivo favorece la lipolisis lo que modifica la movilización de la grasa intramuscular y por tal motivo modifica el color de la carne. En el presente estudio el valor de L* fue mayor en el musculo semimembranoso y el valor a* en el musculo Longissimus dorsi en el valor b*, lo que sugiere que la ractopamina va a modificar el color de la carne de diferente forma en los diferentes músculos debido a que la presencia de los lípidos en la carne se encuentra en diferente proporción.

9.2.3 pH del Musculo *Longissimus dorsi*, *Semimembranoso* y *Biceps* de cerdos alimentados con Ractopamina.

En el Cuadro 13 se muestra el pH del Musculo *Longissimus dorsi*, *Semimembranoso* y *Biceps* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización a los 45 m y 24 h post-matanza, en donde se observa que no hubo diferencias significativas entre ambos trata tratamientos ($P > 0.05$) se presenta una similitud estadísticamente.

Cuadro 13 pH del Musculo *Longissimus dorsi*, *Semimembranoso* y *Biceps* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
pH <i>Longissimus dorsi</i> 45 m	6.88	6.77	0.062	0.351
pH <i>Semimembranoso</i> 45 m	6.71	6.58	0.133	0.641
pH <i>Longissimus dorsi</i> 24 h	5.68	5.71	0.073	0.669
pH <i>Semimembranoso</i> 24 h	5.58	5.85	0.097	0.313

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

Jerez *et al.* (2013), Evaluaron en 200 cerdos la influencia del tiempo de reposo en las características de calidad de la canal, donde demostraron que las carnes provenientes de los cerdos con mayor tiempo de reposo presentaron niveles de pH mayores, lo que se demuestra que con el tiempo de reposo corto disminuyó la incidencia de problemas de calidad en canal (corte oscuro y defectos) relacionados con errores en el bienestar animal.

Por otro lado, Costa E Silva *et al.* (2017) reportó valores de pH en el músculo *Longissimus dorsi* de 5.89 y de 5.91 en cerdos alimentados sin y con ractopamina, respectivamente, indicando que la adición de la ractopamina no afecta el pH en la calidad de la carne. En el presente estudio no se observan diferencias significativas en el pH, debido a que el tiempo de transporte es corto, lo que permite las recuperaciones fisiológicas pérdidas durante el transporte y normalización metabólica es decir la renovación de glucógeno en fibras musculares, tono muscular, relajación del animal. Los músculos del animal que más trabajo realizan en el periodo previo al sacrificio son los que presentan un pH más elevado post mortem.

9.2.4 pH del intestino delgado

En el Cuadro 14 se muestra el pH del intestino delgado de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observa que el pH del duodeno y yeyuno de cerdos alimentados con ractopamina tuvieron el valor más alto comparado ($P < 0.05$) con el tratamiento testigo; Por otro lado, en el pH del íleon fue similar estadísticamente ($P > 0.05$) para ambos tratamientos.

Cuadro 14 pH del intestino delgado de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
pH duodeno	6.40 ^b	5.93 ^a	0.104	0.021
pH yeyuno	6.39	6.15	0.082	0.060
pH íleon	6.64	6.47	0.103	0.624

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

9.2.5 Características de la carne de los músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranoso* y *biceps*

Cuadro 15 titulado características de la carne de los músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranoso* y *biceps* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización. Se demostró que los valores más altos ($P < 0.05$) fueron para el grupo de cerdos adicionados a ractopamina % pérdida de agua por cocción (*Longissimus dorsi*), % pérdida de agua por cocción (*Semimembranoso*) comparados con el grupo testigo; para fuerza de corte (*Longissimus dorsi*) (kg/cm^2) y fuerza de corte (*Semimembranoso*) (kg/cm^2), se mostraron similitud estadísticamente ($P > 0.05$) para ambos tratamientos

Cuadro 15. Características de la carne de los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranoso* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
% Pérdida de agua por cocción (<i>Longissimus dorsi</i>)	31.17	32.31	0.855	0.103
% Pérdida de agua por cocción (<i>Semimembranoso</i>)	32.72	33.15	1.324	0.156
Fuerza de corte (<i>Longissimus dorsi</i>) (kg/cm^2)	2.92	2.77	0.370	0.673
Fuerza de corte (<i>Semimembranoso</i>) (kg/cm^2)	2.68	2.58	0.244	0.176

¹Error estándar de la media.

En el estudio realizado por Crome *et al.* (1996) reportaron en 144 cerdos tratados con ractopamina a 0, 10 o 20 ppm que las canales de cerdos tratados con ractopamina tenían un área de músculo *Longíssimo* más grande y grasa reducida en la décima costilla. Los resultados de este estudio indican que la ractopamina tuvo efectos positivos sobre las características de crecimiento, las características de la canal y el rendimiento del corte de la canal de cerdos representativos del amplio espectro de pesos del mercado.

9.2.6 Contenido nutricional de los músculos *Longissimus dorsi* semimembranoso

En el Cuadro 16 se muestra el contenido nutricional del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde no se observan diferencias y existe una similitud estadísticamente para ambos tratamientos, respecto al % de materia seca, % de humedad, % cenizas, % de proteína cruda y % de extracto etéreo entre los tratamientos.

Cuadro 16 Contenido nutricional del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P
	Testigo	Ractopamina		
Materia Seca (%)	27.76	26.60	0.318	0.076
Humedad (%)	72.22	73.35	0.317	0.084
Cenizas (%)	0.91	1.11	0.066	0.108
Proteína cruda (%)	22.62	22.99	0.336	0.795
Extracto etéreo (%)	6.29	4.72	0.461	0.071

¹Error estándar de la media.

Garbossa *et al.*, (2013) analizo el contenido nutricional de la carne de cerdo de animales alimentados sin y con ractopamina a una dosis de 0, 5, 10, 15 y 20 ppm encontrando que al adicionar mayor cantidad del aditivo en la dieta la cantidad de humedad se incrementaba en el musculo *Longissimus dorso*, es decir las dietas que contenían 20 ppm la cantidad de agua era mayor, en el presente estudio, se adicionaron solo 10 ppm, lo cual no se vio reflejado en un cambio en la composición nutrimental de la carne de cerdo en animales alimentados con y sin ractopamina. Sin embargo, existió tendencia a tener mayor cantidad de materia seca los animales

que no consumieron el aditivo. Con respecto al contenido nutrimental de la carne de cerdo en el musculo semimembranoso se observó que la materia seca fue mayor en el tratamiento testigo, y la humedad en el tratamiento que contenía Ractopamina, lo que indica que la adición del aditivo va a modificar de diferente manera la composición nutrimental de la carne de cerdo, dependiendo la ubicación y función del musculo.

En el Cuadro 17 se muestra el contenido nutricional del musculo *Semimembranoso* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observa el % de materia seca fue mayor ($P<0.05$) en comparación al grupo de ractopamina. El % de proteína cruda fue mayor en el grupo de cerdos alimentados con ractopamina comparado con el grupo testigo. Por otro lado, los valores de % de humedad, % cenizas y % de extracto etéreo fueron similares para ambos tratamientos.

Cuadro 17 Contenido Nutricional del musculo *semimembranoso* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Variable	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Materia Seca (%)	27.49 ^a	25.98 ^b	0.318	0.012
Humedad (%)	72.47 ^b	73.80 ^a	0.324	0.018
Cenizas (%)	1.26	1.25	0.042	0.913
Proteína cruda (%)	23.86	22.47	0.614	0.438
Extracto etéreo (%)	5.85	4.91	0.406	0.376

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P<0.05$).

9.2.7 ph en carne diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12)

En el cuadro 18 titulado pH en carne del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observó que no existió diferencias significativas ($P>0.05$) entre ambos tratamientos en los días 3, 6, 9 y 12; sin embargo, en el día 0 se observó que en el tratamiento con ractopamina tuvo el valor más alto ($P<0.05$) comparado con el tratamiento testigo.

Cuadro 18 pH en carne del musculo *Longissimus dorsi* de cerdos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Días	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Día 1	5.72	5.99	0.075	0.085
Día 3	5.57	5.61	0.036	0.478
Día 6	5.57	5.63	0.032	0.073
Día 9	5.58	5.66	0.058	0.330
Día 12	5.79	5.88	0.129	0.676

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

Generalmente, se podría considerar que una carne de cerdo que muestra un pH a las 24 h entre 5,50 y 5,70 tiene las características de calidad más deseables (Carballo et al., 2017). Uno de los valores que se toman en cuenta para saber si el animal fue estresado antes o durante el sacrificio es el pH mostrando valores más altos después de las 24 h, lo que disminuye el periodo de vida de anaquel. En el presente estudio muestra que los cerdos que no se les incluyo ractopamina tienen valores similares en el pH a los cerdos que consumieron ractopamina durante un periodo de 12 días, lo que sugiere que este aditivo no afecta el pH en la carne durante un periodo de tiempo, siempre y cuando la carne este sometida a 4 °C

9.2.8 Color de músculos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12)

En el cuadro 19 se analizó la comparación del color L* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observa que en los días 0 y 12 el tratamiento testigo tuvo el valor más alto ($P < 0.05$) comparado contra el tratamiento con ractopamina, mientras que en los días 3, 6, y 9 no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ambos tratamientos.

Cuadro 19 Comparación del color L* entre los tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Días	Tratamiento	EEM ¹	Valor de <i>P</i>
------	-------------	------------------	-------------------

	Testigo	Ractopamina		
Día 0	55.07	53.97	1.690	0.9463
Día 3	46.29	46.49	0.801	0.1369
Día 6	45.81	46.24	0.859	0.0944
Día 9	46.40 ^a	45.50 ^{a,b}	1.042	0.0196
Día 12	47.79	46.09	1.476	0.1610

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

En el Cuadro 20 se encuentra la comparación del color a* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observó el día 0 para el tratamiento testigo tuvo el valor más alto ($P < 0.05$) comparado con el grupo de ractopamina. Para los días 3, 6, 9 y 12 los valores registrados fueron similares ($P > 0.05$) para ambos tratamientos.

Cuadro 20 Comparación del color a* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Días	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P
	Testigo	Ractopamina		
Día 0	10.18	8.27	0.660	0.1600
Día 3	7.36	7.05	0.381	0.0959
Día 6	5.45	5.85	0.381	0.1839
Día 9	4.24	4.03	0.667	0.2551
Día 12	3.86	3.37	0.757	0.9180

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

En el Cuadro 21 se muestra la comparación del color b* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observó el tratamiento testigo tuvo el valor más alto ($P < 0.05$) en día 0 y 12 comparado con el grupo de ractopamina. Para los días 3, 6, 9 y 12 los valores registrados fueron similares ($P > 0.05$) para ambos tratamientos.

Cuadro 21 Comparación del color b* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Días	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P
	Testigo	Ractopamina		
Día 0	6.76	5.33	0.705	0.0819
Día 3	8.13	7.57	0.280	0.0818
Día 6	8.17	7.42	0.333	0.4289
Día 9	8.21	7.87	0.490	0.9272
Día 12	9.43	7.50	0.756	0.3478

¹Error estándar de la media.

En el Cuadro 22, se muestra la comparación del color C* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observó que los tratamientos testigo obtuvo los valores más altos en el día 0 y 12 ($P < 0.05$) comparados con el tratamiento que contenía ractopamina. En los días 3, 6 y 9 no se observó diferencias significativas entre ambos tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 22 Comparación del color C* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización.

Días	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P
	Testigo	Ractopamina		
Día 0	12.29	9.68	0.886	0.054
Día 3	11.00	10.37	0.432	0.0761
Día 6	9.84	9.46	0.432	0.4924
Día 9	9.48	8.91	0.541	0.7152
Día 12	10.25	8.33	0.761	0.3712

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

En el Cuadro 23 se muestra la comparación del color H* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, en donde se observó que el tratamiento del grupo testigo tuvo los valores más alto en los días 6 y 12 ($P < 0.05$)

comparado con los tratamientos que contenían ractopamina. Mientras que, en los días 0, 3 y 9 no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 23 Comparación del color H^* entre tratamientos en diferentes días (0, 3, 6, 9 y 12) en el musculo *Longissimus dorsi* de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización

Días	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Día 0	32.74	30.43	2.390	0.864
Día 3	48.17	47.02	1.020	0.109
Día 6	56.34	51.25	1.551	0.076
Día 9	63.38	62.34	2.411	0.184
Día 12	67.68	64.86	4.549	0.874

¹Error estándar de la media. ^{a, b} Medias con distinta literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P<0.05$).

El color o apariencia externa de la carne se asocia inmediatamente con el termino de frescura y salubridad del producto, y a la vez, dependerá de la estructura y tipo del musculo, de la concentración de pigmentos hemínicos que contenga el musculo y del estado de oxidación del mismo (Linda, 2005). Durante el paso del tiempo y el contacto de la carne con el oxígeno la hemoglobina se ira oxidando, dando lugar a cambios en el color de la carne. En el presente estudio, los valores del color de la carne fueron similares entre los dos tratamientos, lo que indica que la adición de la ractopamina no modifica el color de la carne, sin embargo, durante el periodo de 12 días se modificó el color debido a la oxidación de los pigmentos

9.2.9 Estabilidad oxidativa lipídica (TBARS)

En el cuadro 24 se muestra la estabilidad oxidativa lipídica (TBARS) en carne cruda de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, durante 0, 3, 6, 9 y 12 días de refrigeración, en donde se observó que el tratamiento del grupo testigo tuvo los valores más alto el día 12 ($P<0.05$) comparado con los tratamientos que contenían ractopamina. Mientras que, en los días 0, 3, 6 y 9 no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos

Cuadro 24 Estabilidad oxidativa lipídica (TBARS) en carne cruda de cerdos alimentados con ractopamina en etapa de finalización, durante 0, 3, 6, 9 y 12 días de refrigeración

Días	Tratamiento		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ractopamina		
Día 0	0.1749	0.1660	0.113	0.9630
Día 3	0.4430	0.3952	0.095	0.8769
Día 6	0.4877	0.4785	0.127	0.8096
Día 9	0.8852	0.9320	0.174	0.9554
Día 12	0.9568	0.9119	0.198	0.9449

¹Error estándar de la media.

La oxidación de los lípidos da como resultado la generación de radicales libres, que promueven la oxidación de pigmentos como la mioglobina. Este efecto conduce a una reducción de la calidad nutricional y de la vida útil de la carne de cerdo. La inclusión de ractopamina en las dietas de los cerdos del presente experimento, no afectó la oxidación lipídica en el mismo día, sin embargo, se observó que a mayor tiempo pase la carne en el refrigerador la oxidación incrementa, esto debido a que los lípidos se oxidan y, por lo tanto, el periodo de vida de anaquel disminuye.

X. LITERATURA CITADA

- Agencia de Regulación y Control Fito Zoosanitario. (AGROCALIDAD, 2021) Instructivo para el registro de aditivos alimentarios *Manual para el registro de empresas y productos de uso veterinario. Edición 7* <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/Anexo-G-Aditivos-alimentarios.pdf>
- Barros, I. G. L., Garbossa, C. A. P., Albuquerque, T. M. N. C. D., Couto, C. E., Silva Junior, S. R., Pinto, A. B. F., ... & Naves, L. D. P. (2022). Carcass

- characteristics and pork quality of pigs fed diets containing crude glycerin and ractopamine. *Food Science and Technology*, 42, e14921.
- Barroso, A. (29 de octubre de 2023). Tipos de aditivos para alimentos utilizados en nutrición animal. <https://medium.com/@abarroso042/tipos-de-aditivos-para-alimentos-utilizados-en-nutrici%C3%B3n-animal-f5a7e1a1a296>
- Becerril-Herrera, M., Mota-Rojas, D., Guerrero Legarreta, I., Schunemann de Aluja, A., Lemus-Flores, C., González-Lozano, M., ... & Alonso-Spilsbury, M. (2009). Aspectos relevantes del bienestar del cerdo en tránsito. *Veterinaria México*, 40(3), 315-329. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-50922009000300009&script=sci_abstract&tlng=pt
- Bekhit, A. E. D. A., Morton, J. D., Bhat, Z. F., & Zequan, X. (2019). Meat colour: Chemistry and measurement systems. *Encyclopaedia of food chemistry*, 2, 211-217. Bekhit, A. E. D. A., Morton, J. D., Bhat, Z. F., & Zequan, X. (2019). Meat colour: Chemistry and measurement systems. *Encyclopaedia of food chemistry*, 2, 211-217.
- Braña D. (2017). Ractopamina necesaria para ser competitivos. Revista Porcinos Asociación Argentina Productores de Porcinos (AAPP) https://images.engormix.com/externalFiles/6_Revista%20aapp%20857.pdf
- Campabadal C. (2009). Guía técnica para la alimentación de cerdos. Nutrición Animal. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>
- Carballo, C., Terevinto Herrera, M. A., Barlocco, N., Saadoun, A., & Cabrera Bascardal, M. C. (2017). pH, drip loss, colour, lipids and protein oxidation of meat from pampa-rocha and crossbreed pigs produced outdoor in Uruguay. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2017, 5 (5): 342-346. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/22097>
- Cardenia, V., Rodriguez-Estrada, M. T., Cumella, F., Sardi, L., Della Casa, G., & Lercker, G. (2011). Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-oleic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions. *Meat Science*, 88(2), 271-279.
- Conde, R. (2023). La genética porcina: características e importancia económica. *Veterinaria digital*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/la-genetica-porcina-carateristicas-e-importancia-economica/>
- Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE, 2022). *Compendio Estadístico 2022*. https://comecarne.org/wp-content/uploads/2022/05/compendio_estadistico_2022.pdf
- Cordero, G. (2012) Utilización de premezclas en alimentación porcina en los cambios de fase. *Engormix* https://www.engormix.com/porcicultura/premezcla-cerdos/utilizacion-premezclas-alimentacion-porcina_a29799/
- COSTA E SILVA, L. C., BARBOSA, R. D., & SILVEIRA, E. T. F. (2017). Effects of ractopamine hydrochloride and immunological castration in pigs. Part 2: belly

- quality characteristics and fatty acid composition. *Food Science and Technology*, 37, 404-410.
<https://www.scielo.br/j/cta/a/h9XRNDTv7mXHbFZYBygtQpC/?lang=en>
- Elmes, C. A., Bustamante, O. H., González, F., Larraín, R. E., & Gandarillas, M. (2014). Effects of ractopamine plus amino acids on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and ractopamine residues of finishing pigs. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 41(3), 297-308.
- Fassiano, A. V., Ortiz, N., & Ríos de Molina, M. D. C. (2012). Estrés oxidativo en cefalópodos: I. Determinación de TBARS Oxidative stress in cephalopods: I. TBARS determination. *Acta toxicol. argent*, 20(2), 57-61.
- Ganhão, R.; Estévez, M.; Morcuende, D. 2011. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food Chemistry*. 126:772-778.
- Garbossa, C. A. P., Sousa, R. V. D., Cantarelli, V. D. S., Pimenta, M. E. D. S. G., Zangeronimo, M. G., Silveira, H., ... & Cerqueira, L. G. D. S. (2013). Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 325-333.
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/FCrmyL6zPqvRT77DLJNRM9B/?lang=en&format=html>
- González, K. (2022). Raza de cerdo Yorkshire
<https://zoovetempasion.com/porcicultura/razas-de-cerdos/raza-de-cerdo-yorkshire-americano>
- Guo, M., Wang, Z., Gao, Z., Ma, J., Huangfu, W., Niu, J., ... & Shi, Y. (2023). Alfalfa leaf meal as a new protein feedstuff improves meat quality by modulating lipid metabolism and antioxidant capacity of finishing pigs. *Food Chemistry: X*, 19, 100815.
- Rodríguez, C.J.G. (2011). Utilización de subproductos de aguacate para la mejora de las características nutricionales y la estabilidad oxidativa de hamburguesas de cerdo. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. Departamento de producción animal y ciencia de los alimentos. Cáceres, Abril del 2011. Pg. 14-16.
- Hao, Y., Xing, M., & Gu, X. (2021). Research progress on oxidative stress and its nutritional regulation strategies in pigs. *Animals*, 11(5), 1384.
- Iglesias-Guevara, D., & Casariego-Año, A. (2023). Inhibición de la oxidación lipídica en carne molida por un extracto de flor de *Taliparitielatatum* Sw. *Tecnología Química*, 43(3), 571-586.
- Jerez-Timaure, N., Súlbaran, M. T., Arenas de Moreno, L., Rodas-González, A., Trompíz, J., & Ortega, J. (2013). Determinación de defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(1), 13-30.

- https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242013000100002&script=sci_abstract&tlng=pt
- INTAGRI. (2019). Sistemas de Producción Porcina. Serie Ganadería, *Artículos Técnicos de INTAGRI*, 33. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/sistemas-de-produccion-porcina?p>
- Khanal, P., Maltecca, C., Schwab, C., Gray, K., & Tiezzi, F. (2019). Genetic parameters of meat quality, carcass composition, and growth traits in commercial swine. *Journal of animal science*, 97(9), 3669-3683.
- Labala, J. (2013). *Aditivos en la Alimentación Porcina*. Sitio Argentino de producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/56-Aditivos_Alimentacion_Porcina.pdf
- Lindahl, G. (2005). *Colour characteristics of fresh pork* (Vol. 2005, No. 2005: 43). Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://pub.epsilon.slu.se/827/1/Thesis.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/827/1/Thesis.pdf)
- Luna Castañeda, M.E. (2018). Calidad de carne ovina modificada por regulación de genes lipogénicos al utilizar harina de aguacate en la dieta. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit-Tepic.
- Mariezcurrana M., Braña D., Berasain M., Domínguez I., Méndez D., Rubio M. (2012). Características químicas y sensoriales de la carne de cerdo, en función del consumo de dietas con ractopamina y diferentes concentraciones de lisina. *Rev. Mex. de Cienc. Pecuarias* vol.3. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000400002
- Mendoza, S. M., Boyd, R. D., Zier-Rush, C. E., Ferket, P. R., Haydon, K. D., & van Heugten, E. (2017). Effect of natural betaine and ractopamine HCl on whole-body and carcass growth in pigs housed under high ambient temperatures. *Journal of Animal Science*, 95(7), 3047-3056.
- Mitchell, A. D. (2009). Effect of ractopamine on growth and body composition of pigs during compensatory growth. *Animal*, 3(1), 173-180. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Effect+or+ractopamine+on+growth+and+body+composition+of+pigs+during+compensatory+growth&btnG=
- NORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. <https://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/cicuae/normas/Norma033.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales.

https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_bioet/051zoo_movilizacion.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2010). Manejo sanitario eficiente de los cerdos <https://www.fao.org/3/as542s/as542s.pdf>

Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018). Aditivos alimentarios <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>

Orozco M. (2015). Ventajas del uso de la Ractopamina en cerdos. *La pisa S.A. de CV.* <https://www.porcicultura.com/destacado/Ventajas-del-uso-de-la-Ractopamina-en-cerdos>

Panisson, J. C., Maiorka, A., Oliveira, S. G., Saraiva, A., Duarte, M. S., Silva, K. F., ... & Silva, B. A. N. (2020). Effect of ractopamine and conjugated linoleic acid on performance of late finishing pigs. *animal*, 14(2), 277-284.

Perlo, F. M., Fabre, R., Bonato, P., Jenko, C., Tisocco, O., & Teira, G. (2020). Uso de extracto de romero y ácido ascórbico en la conservación refrigerada de carne de cerdo. *Ciencia, docencia y tecnología*, (60), 208-227.

Pié J. (2020). Saborizantes en alimentación animal: Mejorar la palatabilidad en porcicultura. *Veterinaria Digital* <https://www.veterinariadigital.com/articulos/saborizantes-en-alimentacion-animal-mejorar-la-palatabilidad-en-porcicultura/#:~:text=LOS%20SABORIZANTES%20MEJORAN%20LA%20PALATABILIDAD%20DEL%20ALIMENTO,-Un%20consumo%20de&text=El%20consumo%20puede%20incrementar%20Omediante,y%20enmascarar%20ingredientes%20menos%20palatables>.

Piroca L. (2017). Salud intestinal. *Vetanco SA.* <https://www.vetanco.com/es/wp-content/uploads/sites/3/2017/03/Salud-Intestinal.pdf>

Pisa Agropecuaria, (2016). La ractopamina y su relación con los nutrientes sobre la productividad de los cerdos. *Sitio Argentino de Producción Animal.* Editores BM. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/257-ractopamina.pdf

Pisa, (2020). Premezcla promotor de crecimiento. *Ficha técnica.* <https://www.pisaagropecuaria.com.mx/wp-content/uploads/2020/03/Racmina-Premix.pdf>

Rios, F., Bautista J., Guemez H., Nuñez F., Obregon J. y Portillo J. Nivel de acción de HCL - Ractopamina en respuesta productiva, características de la canal y calidad carne de cerdo. Difusión Vía Red de Computo semestral sobre Avances en Ciencia y Tecnología de la Carne. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3646528>

Romero, J. y R. A. Medellín. (2005). Sus scrofa (doméstica). *Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales.* Instituto de

Ecología.http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Susscrofa_domestica_00.pdf

- Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S., Tavaniello, S., Maiorano, G., & Corino, C. (2013). Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. *Meat Science*, 95(3), 542-548.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo (SADER, 2022). *Escenario mensual de productos agroalimentarios*. SIAP. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732604/Carne_de_porcino_Mayo.pdf
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo (SADER, 2022). *Panorama actual de la carne de porcino en canal en México*. SENASICA. https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2022/septiembre/PanoramadelacarnedeporcinoencanalenM%C3%A9xico_39a380c5-55d8-4afd-a943-89280a464c13.pdf
- Serra, V., Salvatori, G., & Pastorelli, G. (2021). Dietary polyphenol supplementation in food producing animals: Effects on the quality of derived products. *Animals*, 11(2), 401.
- Serra, V., Salvatori, G., & Pastorelli, G. (2021). Dietary polyphenol supplementation in food producing animals: Effects on the quality of derived products. *Animals*, 11(2), 401.
- USDA Cálculos Departamento de Análisis Económico de Latinoamérica (2022). *Estimaciones de consumo de carne de cerdo para los principales países de Latinoamérica y del mundo para 2021 y 2022*: [https://www.3tres3.com/es-mx/ultima-hora/estimaciones-de-consumo-de-carne-de-cerdo-en-latinoamerica_13736/#:~:text=El%20principal%20consumidor%20de%20carne,\(kilogramos%20por%20habitante\)%20respectivamente](https://www.3tres3.com/es-mx/ultima-hora/estimaciones-de-consumo-de-carne-de-cerdo-en-latinoamerica_13736/#:~:text=El%20principal%20consumidor%20de%20carne,(kilogramos%20por%20habitante)%20respectivamente)
- Xing, T., Gao, F., Tume, R. K., Zhou, G., & Xu, X. (2019). Stress effects on meat quality: A mechanistic perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 380-401.
- Apple, J. K., Rincker, P. J., McKeith, F. K., Carr, S. N., Armstrong, T. A., y Matzat, P. D. (2007). Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, 23(3), 179-196.
- Meza, J. A. B., Gurrola, A. G., Ballesteros, J. A. H., y Méndez, R. N. (2017). Efecto de la ractopamina sobre rendimiento productivo y de la canal en cerdos comerciales. *EDUCATECONCIENCIA*, 13(14), 37-44.
- Pérez, A., Obispo, N. E., Palma, J., y Chicco, C. F. (2005). Efectos de la ractopamina y el nivel de lisina sobre la respuesta productiva de cerdos magros en la fase de engorde. *Zootecnia Tropical*, 23(4), 429-445.

- Jerez-Timaure, N., de Moreno, L. A., Sulbarán, M., y Uzcátegui, S. (2013). Influencia del tiempo de reposo en las características de calidad de la canal y la carne de cerdos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(1), 55-60.
- 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.
- Duran, T. K., Galarza, A. R., & Moreno, P. D. (2013). Comportamiento productivo de cerdos en fase de crecimiento con dos niveles de ractopamina. *Revista Científica Agrociencias Amazonía*, 1, 48.

Referencia de Imágenes:

Figura 1. Raza porcina Yorkshire.
https://www.google.com/search?q=raza+porcina+yorkshire&tbm=isch&ved=2ahUKEwiMsqX5hbCCAxUrP94AHUOnA8YQ2-cCegQIABAA&oq=raza+porcina+yorkshire&gs_lcp=CgNpbWcQA1AAWABgIwNoAHAAeACAAQCIAQCSAQCYAQCqAQtnd3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclie nt=img&ei=MTZJZczVEKv--LYPw86OsAw&bih=651&biw=1366&rlz=1C1CHBF_esMX1042MX1042#img rc=0jV18RaaWhvqRM

Figura 2. Raza porcina landrace.
https://www.google.com/search?q=raza+porcina+yorkshire&sca_esv=579859903&rlz=1C1CHBF_esMX1042MX1042&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKkkJMC

KADAZK4Tq0unucwy3014MGw:1699296358941&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwidwN6ehLCCAxUElmoFHTuOD9IQ_AUoAXoECAQQAw&biw=1366&bih=651&dpr=1#imgrc=RhOfveY374bRHM

Figura 3 Rza porcina Pietrain.
https://www.google.com/search?q=raza+porcina+pietrain&sca_esv=579859903&rlz=1C1CHBF_esMX1042MX1042&tbm=isch&sxsrf=AM9HkKn6f16BRNtsEYOpIA2AldweEQ5IMg:1699297875849&source=Inms&sa=X&ved=2ahUKEwjDrYfyibCCAxWOIGoFHYmDG-sQ_AUoAXoECAMQAw&biw=1366&bih=651&dpr=1#imgrc=IP71i-YcM_YM

Figura 4 Raza porcia Duroc
https://www.google.com/search?q=raza+porcina+duroc&tbm=isch&ved=2ahUKEwiFpLbzibCCAxWXP94AHZjmB3IQ2-cCegQIABAA&oq=raza+porcina+duroc&gs_lcp=CgNpbWcQAzIFCAAQgAQyBQgAEIAEMgclABAYEIAEOgQlIxAnOgYIABAIEB5Qpc0KWOffCmCp4gpoAHAAeACAAeUliAHFOJIBDzEuMS4xLjEuMS4yLjktMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=VjpJZYWhK5f-LYPmM2fkAc&bih=651&biw=1366&rlz=1C1CHBF_esMX1042MX1042#imgrc=LM7XJAqznFBsCM

Figura 5 Raza porcina Hamshire.
https://www.google.com/search?q=raza+porcina+hampshire&tbm=isch&ved=2ahUKEwie0sKLi7CCAxWMM94AHTixDwsQ2-cCegQIABAA&oq=raza+porcina+ha&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgUIABCABDoECCMQJzoHCAAQGBCABFCLCVjZGGDPH2gBcAB4AIAB1AKIAZ8OkqEHMC41LjMuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=ITtJZd6zKYzn-LYPuOK-WA&bih=651&biw=1366&rlz=1C1CHBF_esMX1042MX1042#imgrc=1wMT_DSp3fksrM