



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL**

**CALIDAD DE LA CARNE Y RENDIMIENTO DE LA CANAL EN CERDOS MINIATURA
VACUNADOS CONTRA GnRH BAJO PROTOCOLOS DE CORTA Y LARGA DURACIÓN**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE
LA SALUD ANIMAL**

PRESENTA

HUMBERTO RAFAEL SILVA SANTOS

TUTORA PRINCIPAL

DRA. MARÍA ELENA TRUJILLO ORTEGA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA - UNAM

COMITÉ TUTOR:

DRA. ROSA MARÍA VIGUERAS VILLASEÑOR

INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA

DR. OSCAR GUTIÉRREZ PÉREZ

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA - UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA Cd, Mx

Enero 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Dedicatoria	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Revisión de literatura.....	7
Antecedentes.....	7
Genética porcina.....	9
Mercado internacional y nacional de la carne de cerdo.	10
Panorama en la producción de cerdos de raza pequeña para el consumo.....	11
Carne de cerdo, su importancia y consumo.	11
Conformación y características en la canal y calidad de la carne de cerdo.	12
Edad a la matanza	15
Causas del olor a verraco.....	15
Control del olor a verraco.....	16
Bienestar animal en la producción de carne de cerdo.....	17
Inmunocastración y aplicaciones en producción de carne porcina.....	19
Justificación	21
Objetivos	22
General.....	22
Específicos	22
Hipótesis.....	22
Material y Métodos	23
Estrategia general.	23
Alojamiento.	23
Dieta ofrecida.	24
Diseño experimental	25
Evaluación <i>in vivo</i>	26
Matanza y obtención de la carne.....	27
Calidad de la canal.	27

Evaluación de la carne.....	29
Pruebas estadísticas.....	32
Resultados.....	34
Calidad de la canal.....	34
Calidad de la carne.....	36
Discusión.....	39
Variables correspondientes a la evaluación en la calidad de la canal.....	39
Calidad de la carne.....	41
Conclusiones.....	44
Índice de cuadros.....	47
Índice de figuras.....	47
Bibliografía.....	48

Dedicatoria

A mi familia por apoyarme en mi carrera y ambiciones profesionales.

A mis amigos cercanos por estar siempre ahí.

Agradecimientos

Posgrado de Ciencias de la Producción y de La Salud Animal, de la Universidad Nacional Autónoma de México, del cuál formé parte y desarrollé el presente proyecto de investigación.

CONACyT, por el apoyo a través del programa de becas para la investigación; No. registro. 858974.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitir desarrollar está presente estudio dentro de sus instalaciones y el uso de sus recursos.

Dra. María Elena Trujillo Ortega, quien participo como directora y tutora principal durante el presente trabajo de investigación, apoyando con su experiencia y conocimiento, así como las muchas enseñanzas y experiencia compartidas a lo largo de mi carrera.

Dra. Rosa María Viguera Villaseñor, quien formo parte del comité tutorial y apoyo en el procesamiento de muestras dentro de las instalaciones del Laboratorio de Biología de la Reproducción del Instituto Nacional de Pediatría y al Dr. Oscar por su participación como parte del comité tutorial.

Dra. Elein Hernández Trujillo, por su participación en la aplicación de los métodos que garanticen el bienestar animal, durante el proceso de obtención de las muestras para el presente estudio, así como su colaboración en la obtención de estas.

Dra. María Salud Rubio Lozano, por dar su autorización y apoyo para el procesamiento de las muestras del proyecto en el Laboratorio de Ciencias de la carne en CEIPSA, ayuda fundamental para el desarrollo del presente proyecto.

Dra. Ada Nelly Martínez Villalobos, por su apoyo y colaboración en el proceso de planeación y logístico en el cuidado de los animales y toma de muestras del proyecto.

Dra. Laura Patricia Romero Romero, por brindar su apoyo y autorización para el uso de la sala de necropsias.

Dr. Francisco Ernesto Martínez Castañeda, quién apoyó con la planeación del estudio y análisis estadístico, así como la ejecución e interpretación de este.

Dr. Juan Manuel Martínez Villalobos, por su asesoría y apoyo en metodología de la investigación.

M. en C. Alan Jair Contreras Ortiz, compañero de proyecto con quién se compartió la responsabilidad de los sujetos de estudio y la logística en el proceso de obtención de muestras.

M. en C. Francisco Alejandro Ruiz López, por su apoyo al procesamiento de las muestras dentro del laboratorio de ciencias de la carne de CEIPSA.

MVZ Susana Alejandra Frías Gómez, quien ayudó a procesar muestras en el laboratorio de producción acuícola de la FES Iztacala, UNAM y su colaboración en la toma de muestras.

MVZ. Leticia León Luna, quien apoyo en el cuidado y manejo de los sujetos de estudio.

José Alfredo Sánchez, encargado de la sala de necropsias de la FMVZ-UNAM, quién colaboro en el proceso de muerte y obtención las muestras del presente proyecto.

Resumen.

El presente estudio buscó obtener información con respecto a los efectos que tiene la inmunocastración con vacuna anti-GnRH, en cerdos de raza miniatura, a fin de conocer su impacto sobre los parámetros productivos en calidad de la canal y de la carne. Ubicando a esta raza como un modelo de investigación por su precocidad fisiológica a la pubertad.

Se seleccionaron 24 cerdos machos de raza miniatura durante la primera semana de lactancia (1 a 7 días de edad aproximadamente), siendo asignados de forma aleatoria en cuatro tratamientos experimentales; T1: machos enteros, T2: machos orquiectomizados, T3: machos inmunocastrados en protocolo de corta duración (3 y 8 semanas de vida) y T4: machos inmunocastrados en protocolo de larga duración, iniciando la aplicación a las 3 semanas de vida aplicadas cada 4 semanas hasta llegar a la edad de matanza, 24 y 32 semanas de vida para cada tratamiento. La matanza se realizó según lo indicado por la NOM-033-SAG/ZOO-2014, con la posterior evaluación de la canal y su rendimiento; después de 24 horas se procedió a la evaluación de la calidad de la carne en el músculo *Longissimus dorsi*. Los resultados obtenidos de las mediciones fueron procesados por análisis estadístico con un modelo mixto para mediciones repetidas en el tiempo, determinando la significancia a $P < 0.05$, las diferencias observadas fueron por **efecto de la edad**: peso de la canal en caliente en T2, peso de cortes primarios y área del ojo de la chuleta en T1 y T2, color-L,c,h- y fuerza de corte en T2; por **efecto de los tratamientos a las 24 semanas de vida**: en espesor de grasa dorsal entre T1 con T3-T4, pH en T4, h con entre T1 y T2, WB entre T1 y T2 ; por **efecto de los tratamientos a las 32 semanas de vida**: en peso de la canal en caliente y espesor de la grasa dorsal entre T1 con T3/T4, rendimiento de la canal y peso de los cortes primarios en T1-T2 vs T3-T4 , y en área del ojo de la chuleta entre T2 con T3-T4 y pérdida de agua por cocción en T2. Se concluyó que no existe diferencia entre los tratamientos de inmunocastración de corta y larga duración, presentando ambos las mismas características en la canal y calidad de la carne; los tratamientos de inmunocastración tanto de corta como de larga duración mantiene rangos similares a los expresados por cerdos enteros; la edad a la matanza de los cerdos miniatura para consumo bajo protocolos de inmunocastración es indistinto.

Palabras clave: cerdos miniatura, inmunocastración, calidad, canal, carne.

Abstract.

The aim of this study was to investigate the effects of immunocastration with anti-GnRH vaccine in minipigs in order to assess the impact on productive parameters such as carcass and meat quality. This breed was used as a research model for its physiologic precocity at puberty.

Twenty four male minipig piglets were chosen during the first week of the suckling period (one to seven days old) and were randomly allocated to four experimental treatments. One group for entire male pigs (T1), a second group of surgically castrated males (T2), a third group of vaccinated males on a short-term protocol at ages 3 and 8 weeks (T3), and a fourth group of vaccinated males on a long-term protocol given the first shot at 3 weeks of age and following shots every 4 weeks until slaughter, age 24 and 32 weeks for each treatment. Slaughter was performed according to NOM-033-SAG/ZOO-2014 and the yield of carcass evaluated thereafter. Twenty four hours later meat quality was determined on *Logissimus dorsi* muscle.

Data were analyzed with the MIXED procedure for repeated measures at fixed time points ($P < 0.05$). Differences observed between treatments were attributed to age: carcass weight on T2, main cuts weight and loin eye area on T1 and T2, color -L, c, h- and slicing strength on T2. Differences attributed to vaccination effects at 24 weeks of age: backfat thickness between T1 compared to T3-T4, pH on T4, h between T1 and T2, WB between T1 and T2. And differences attributed to vaccination effects at 32 weeks of age: carcass weight and backfat thickness between T1 between T3, carcass yield and main cuts weights on T1-T2 vs T3-T4, and loin eye area between T2 and T3-T4 and cooking water loss on T2.

We found no differences between short-term and long-term vaccination protocols regarding carcass attributes and meat quality. Short-term and long-term vaccination protocols show similar values than those expressed for male entire pigs. Slaughter age on minipigs for feeding purpose does not affect meat quality and carcass yield.

Key words: minipigs, immunocastration, quality, carcass, meat.

Introducción

Se denomina carne a la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano (NOM-009-ZOO-1994). La carne tiene un 19% de proteína aproximadamente, ácidos grasos y aminoácidos esenciales, vitaminas del complejo B y minerales (FAO, 2019), por lo que se considera una fuente ideal para complementar los requerimientos nutricionales del humano.

La producción de carne es un factor importante del desarrollo de la ganadería, teniendo un impacto en el avance social y económico de las comunidades. En este sentido, la producción de carne presenta un comportamiento dinámico por los ajustes de las necesidades de la población, posicionando así a la carne como uno de los principales insumos de consumo en el mundo, como se observa dentro de la cadena de producción de alimentos de origen animal, la carne de cerdo ocupa el segundo lugar como principal fuente de proteína para el consumo humano (FIRA, 2017).

Sin embargo, la gama de alimentos derivados de los animales no se limita a cumplir con la función nutricional, también se consideran las ramas de consumo encaminadas a satisfacer la realización personal del consumidor por medio de productos con incremento en su plusvalía con base en su presentación y calidad (Elizalde *et al.*, 2006)

El mercado del consumo de alimentos se rige por los gustos, preferencias y poder adquisitivo de los consumidores. Dentro de los alimentos en la gama de mayor calidad considerados como “premium” se encuentran los productos gourmet, este concepto puede variar respecto al país y la región donde el producto se comercializa y consume (Uzcanga, 2014). Un ejemplo de esto se observa en España con la producción de cerdo Ibérico del cual se obtiene jamón ibérico, ocupando un nicho importante dentro de la gastronomía internacional y cuyas características finales en la calidad de la carne son conferidas por su capacidad de marmoleo en músculo (Arnau *et al.*, 1998), donde uno de los factores que demeritan la calidad de este producto justamente es el olor a verraco o también referido olor sexual, presente en cerdos enteros (Arnau, 2013).

En el contexto de exigencia de productos de mayor calidad, esta misma categorización se observa en la carne de cerdo, donde se incrementa la exigencia de productos de mayor calidad y se establecen los estándares de los productos gourmet observados en cerdos ibéricos, fijando su atención en razas de cerdo con capacidad de deposición de grasa, característica altamente relacionada con el sabor de la carne y reflejando resultados óptimos en calidad (País de Quercus, 2018), cualidad presente en las razas pequeñas o miniatura.

A pesar de las bondades, en cuanto a marmoleo en la carne de los cerdos miniatura, su talla pequeña los ubica en desventaja contra de los cerdos de consumo habituales de líneas terminales, los cuales alcanzan un peso de 100 Kg a una edad de 20 a 22 semanas aproximadamente; en cerdos de raza miniatura se requiere una edad de matanza para el consumo, después de haber presentado pubertad, que va de los de 12 a 18 meses (López *et al.*, 2000).

Cerdos de razas pequeña son mantenidos sin castrar durante el tiempo en el que transcurre a la engorda, esto ayuda a incrementar el nivel de hipertrofia muscular, beneficiando la conformación y el rendimiento de la canal en comparación con cerdos castrados tradicionalmente usados para producción de carne (Medel y Fuentetaja, 2000).

En México, los cerdos de raza pequeña como el pelón mexicano o el cuino, ambos endémicos en el sur del país, son producidos bajo un sistema artesanal basado en conocimientos empíricos que se transmiten de generación en generación y son llevados enteros a la matanza, con una edad superior a los 12 meses (Bobadilla-Soto *et al.*, 2010).

Sin embargo, el mantener a los cerdos enteros durante la engorda resulta en la presencia de olor a verraco en la carne. El olor a verraco es una peculiaridad observada después de la pubertad de los machos enteros, que se produce por un mecanismo hormonal que se desencadena y que, en conjunto con los desechos metabólicos del triptófano, aminoácido esencial, presentes en excremento y orina, dan como resultado un olor y sabor desagradable en la carne (Font *et al.*, 2001).

Para eliminar los factores que desencadenan el olor a verraco en la carne, se ha implementado la castración de los lechones como un manejo zootécnico habitual en la

porcicultura (Quiles, 2009). Este procedimiento se realiza dentro de los primeros días de vida, generalmente durante la primera semana del nacimiento (Maza et al., 2017).

Por otra parte, este manejo implica la exposición del animal a dolor, estrés y la posible incidencia de infecciones (Mainau *et al.*, 2013). Teniendo en cuenta lo anterior, se han implementado técnicas zootécnicas encaminadas a no comprometer el bienestar animal, por ello en los últimos años se han promovido alternativas a la castración u orquiectomía como medida de control del olor a verraco, uno de ellos es el uso la inmunocastración (Dunshea *et al.*, 2001).

La castración inmunológica o inmunocastración consiste en aplicar una vacuna a los machos enteros que actúa en contra de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), con esto se busca interrumpir la pubertad y el proceso fisiológico que conlleva, incluido el olor a verraco. La inmunocastración es una técnica no invasiva que genera un mejor desempeño productivo y mejora el rendimiento de la canal, reduce el porcentaje de grasa corporal y mejora las características de la carne (Zoetis, 2009).

Martínez-Macipe *et al.*, en 2016, observaron los efectos de la inmunocastración en las canales de cerdos ibéricos, al comparar a los machos castrados quirúrgicamente con machos inmunocastrados observaron mayor peso vivo al rastro y mayor peso de la canal en caliente de los machos inmunocastrados con respecto a los machos castrados quirúrgicamente, así mismo se observó mayor área y longitud del lomo en cerdos inmunocastrados; encontrando significancia en el rendimiento de la canal al evaluar el área de la chuleta y el peso del lomo a favor de machos enteros e inmunocastrados con respecto a los obtenidos de cerdos orquiectomizados y hembras, también se vio una marcada significancia en la reducción del olor a verraco en los machos inmunocastrados.

Como una alternativa para la calidad de la carne, se ha utilizado al cerdo miniatura, ya que se ha considerado un reservorio genético al preservar la capacidad de engrasamiento y marmoleo. Por lo tanto, en el presente estudio se ubica al cerdo miniatura como un modelo de investigación en el tema de la carne, denotando las cualidades de este tipo de cerdo al compararlo con el cerdo de engorda de línea comercial, ya que al ser

seleccionado genéticamente para producir carne magra ya no posee o alcanza el marmoleo en mayor tiempo y costo (Sañudo, 2011).

Por otro lado, considerando que la actual tendencia de producción enfoca sus esfuerzos en preservar el bienestar animal, se opta por prácticas que reduzcan el estrés y mantengan una calidad óptima en los productos obtenidos de los animales para el consumo, por lo que es necesario realizar la evaluación del rendimiento de la canal y la calidad la carne procedente de cerdo miniatura, bajo el uso de diferentes métodos para el control del olor a verraco, como es la inmunocastración de cerdos vacunados contra GnRH bajo protocolos de corta duración, con las dosis indicadas por el producto, y larga duración, con aplicación de dosis sostenidas manteniendo el estímulo inmunológico contra GnRH hasta la matanza.

Revisión de literatura.

Antecedentes

La evidencia científica ha demostrado que el consumo de carne ha tenido un papel importante en el desarrollo de los humanos y su mantenimiento en cuanto al aporte nutricional que este producto confiere (Kjaernes *et al.*, 2007). Asimismo, la introducción de dietas mixtas en las que se complementan los nutrientes de origen animal y vegetal dieron como resultado el desarrollo anatómico y fisiológico de los primeros seres humanos, incrementando el desarrollo intelectual y las habilidades cognitivas (Hawkes, 1979).

Desde la llegada de los españoles a tierras mexicanas, se dio una serie de mezclas que trascendieron más allá de las clases sociales y las costumbres, llegando a impactar en los hábitos de consumo alimenticio y la cultura culinaria del nuevo y el viejo mundo. Lo que dio como resultado la tradicional cocina mexicana catalogada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como patrimonio de la humanidad en el año 2010.

Una de las principales herencias de la conquista es el consumo de carne puerco siendo reconocida, junto con el maíz, como un pilar importante dentro de la conformación gastronómica del país, que debido a su elasticidad en cuanto a la cantidad de platillos en los que se le puede presentar (De'Angeli, 1988; Verti, 1994).

Se han observado cambios drásticos en el tipo de cerdo que se producía desde tiempos de la colonia hasta a la década de los 80's, considerada como la edad de oro de la porcicultura en México, estos cambios han sido debidos al desarrollo de la industria de aceite vegetal y la fuerte competencia que significó para el uso de manteca en la cocina, así como la modificación de los hábitos de consumo de la población. Todo esto obligó a los poricultores a producir un tipo de cerdo más magro que pudiera satisfacer las nuevas necesidades y exigencias del mercado, pasando de los cerdos de doble propósito (manteca y carne) a las nuevas líneas comerciales mejoradas con un mayor rendimiento de carne magra (Grupo Consultor de Mercados Agrícolas, 2017).

Para alcanzar estos objetivos, ha sido necesario, incrementar la proporción de masa muscular; sin embargo, el rendimiento y la calidad de la canal porcina, se ha visto amenazada por la presencia de olor de verraco en la canal.

Por otro lado, las medidas para evitar el olor y sabor a verraco en la carne han sido variadas, desde la aplicación de la castración quirúrgica u orquiectomía hasta la búsqueda de nuevas alternativas para reducir los riesgos a la salud y preservar el bienestar de los cerdos. En este sentido, ha sido investigada la aplicación de ciertas sustancias para provocar la castración en los cerdos de forma no invasiva (Grupo Consultor de Mercados Agrícolas, 2017).

En 1994 se realizó un estudio en el cual se empleó virginiamicina con efecto sobre la LH-RH (Hormona liberadora de LH), el cual interrumpió la actividad de la LH al bloquear su producción, y con ello, al inhibir su actividad en las células de Leydig, resultaba en la ausencia del olor a verraco en la carne (Bonneau *et al.*, 1994).

Sin embargo, a pesar de la eficacia de la inmunización para inhibir la producción de andrógenos, habiendo una limitante al requerir de múltiples dosis, que se aplicaban en el testículo, un órgano con un alto número de receptores al dolor. Algo similar sucede en el caso de la castración química, la cual tiene como finalidad interrumpir con la síntesis de andrógenos al administrar sustancias como lo es la solución de acetato mineral, la cual interrumpe la conversión enzimática de testosterona a androstenona, la cual se aplica directamente en cada testículo (Vela, 2012).

Por lo anterior, en la última década se ha desarrollado un producto con la capacidad de generar inmunidad contra GnRH para interrumpir el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal -Improvac[®]-, este producto requiere sólo de dos aplicaciones para observar sus efectos durante la fase productiva (Dunshea *et al.*, 2001).

Con esta vacuna anti-GnRH, se ha determinado el tiempo óptimo en el cual las dosis son aplicadas, observando los resultados en gónadas y en la canal, determinando la correlación existente con respecto al periodo de inmunización y los resultados obtenidos (Lealiifano, 2011; Turkstra *et al.*, 2002).

Genética porcina

La interacción entre el cerdo y el humano inició aproximadamente 8,000 años a.C., pero se logró en Eurasia hasta 2,000 años después de iniciada. En cerdo fue en principio un animal con una cobertura grasa de mayor grosor, debido al ambiente frío en el cual se desarrolló, esta característica fue aprovechada por los humanos responsables de su domesticación para integrarlo a su dieta como fuente de proteína de origen animal y también como fuente de energía a través de su grasa corporal (Sañudo, 2011).

Hasta mediados de los 60's, con la introducción de aceites de origen vegetal, la grasa animal había sido incluida en la dieta de los humanos como medio para la preparación de alimentos, los cuales, en conjunto, con dietas reducidas en grasa aislaron al cerdo como fuente de grasa para la preparación de alimentos como en las frituras (Domínguez *et al.*, 2016).

Estos cambios en la dieta de las personas dieron como resultado modificaciones en la composición nutricional de la carne de cerdo, haciendo es éste un producto más magro, esto también fue resultado de los esfuerzos por posicionar al cerdo como un alimento saludable para desmentir una serie de mitos que catalogan a la carne de cerdo como un producto dañino para la sociedad (Nolan-Clark *et al.*, 2012).

En ese mismo sentido, Murphy, *et al.*, (2012), mencionan los beneficios de los productos cárnicos de las distintas especies animales domésticas aprobadas para el consumo humano, desmitificando a la carne de cerdo y a las grasas de origen animal, así como enfatizar las propiedades y cualidades de la carne de cerdo en la salud humana.

Esto ha llevado a producir carne con mayor contenido de infiltración grasa, lo cual posiciona a algunas líneas genéticas de cerdo con esta capacidad como una opción atractiva para el mercado, entre ellos se pueden mencionar a los cerdos pequeños o de menor talla como lo son el cerdo ibérico, el mangalica, el vietnamita y el pelón mexicano entre otros (Benítez; y Sánchez, 2010).

Mercado internacional y nacional de la carne de cerdo.

Entre los años 2007 y 2016, la carne de cerdo tuvo una tasa de crecimiento anual del 1.6%. En el 2017, se calculó un máximo histórico de 111 millones de toneladas de carne a nivel mundial. En México, la tasa de crecimiento anual, en el mismo período de tiempo, fue de 2.2%, con una producción para el año 2017 de 1.4 millones de toneladas (FIRA, 2017).

Al cierre del año 2018, se registró un consumo per-cápita mundial de 64 kg de carne en general (pollo, cerdo y res), del cual México ocupó el 13° lugar representando el 3.2% con más de 8.5 millones de toneladas de carne (Consejo Mexicano de la Carne, 2019).

Con datos del 2018, la carne de cerdo sigue posicionándose como la segunda más consumida en México y en el mundo, por debajo de la de pollo. Con un crecimiento de su producción del 4.6% con respecto al año 2017, así como un crecimiento general del 6.1% en su consumo. En este periodo México ocupa el 8° lugar de consumo (Consejo Mexicano de la Carne, 2019).

Este incremento en la tasa de producción y consumo es el resultado de la accesibilidad del producto y del incremento en el poder adquisitivo de los consumidores. Otros factores no menos importantes, han sido el flujo de información que desmitifica y expone no sólo las bondades sino las propiedades de la carne de cerdo con respecto a su impacto nutricional. En este contexto se estima que para el año 2024 se proyectará un incremento del 24% en la producción de carne, a nivel mundial (OCDE-FAO, 2015).

Es importante resaltar la importancia que tiene la carne de cerdo dentro del área culinaria, ocupando un espacio relevante en la gastronomía internacional y nacional, lo cual favorece su distribución y consumo (González, 1996).

Con respecto al consumo per-cápita de la carne de cerdo en México, ha tenido un incremento promedio anual de 600 g dando un consumo de 16.6 kg/persona/año. Datos del 2018 ubican el consumo per-cápita con un incremento del 4.8%, lo cual considera un consumo de 18.8 Kg/persona/año (Consejo Mexicano de la Carne, 2019).

A nivel internacional, el consumo per cápita tiene un amplio rango de variación, que va de los 70 kg/persona/año en países desarrollados, hasta los 10 kg/persona/año en países subdesarrollados (FIRA, 2017).

Panorama en la producción de cerdos de raza pequeña para el consumo.

En muchos países, los cerdos de raza pequeña son una parte cultural de la alimentación. Tal es el caso del cerdo vietnamita, que en poblados del sur de Asia, es considerado como una de las principales fuentes de proteína de origen animal. Por otro lado, un mercado de oportunidad para los cerdos de raza pequeña es en la producción de alimentos gourmet, donde las propiedades de engrasamiento en la canal y la capacidad de marmoleo en estos ejemplares dan un sabor atractivo, así como mayor suavidad y jugosidad en la carne (Miguelañez, 2000). Ejemplo de ello es el cerdo mangalica, el cual produce carne con un sabor succulento para el consumidor (Rojas, 2012).

En México, el cerdo pelón mexicano, se encuentra dentro de estas las de cerdos pequeños, los cuales han formado parte de la cocina clásica yucateca. Ese ejemplar ha tenido su principal participación en la “cochinita pibil”, llegando a ser un buen proveedor de carne para este nicho de consumo en el mercado (Salas, 2012). En la actualidad existen programas que promueven la producción y distribución de productos derivados de este cerdo, así como su conservación (Sierra, 2005).

Carne de cerdo, su importancia y consumo.

Los productos de origen animal están catalogados como recursos de alta calidad nutricional que están asociados con el bienestar, salud y abundancia; esto se observa en países occidentales donde la carne ocupa un espacio importante en la alimentación humana, pues se relaciona un mayor consumo de carne con un mayor desarrollo económico.

La calidad de la carne de cerdo es una característica buscada por la población en nuestro país. Durante el año 2014, Mariezcurrena-Berasain y colaboradores realizaron un estudio en el centro del país observando que los supermercados dirigidos a un sector de población de nivel socioeconómico de bajo a medio, seleccionaban cualidades más magras en la carne de cerdo, en comparación con aquellos supermercados y carnicerías destinadas a un sector poblacional con nivel socioeconómico alto, donde se encontró mayor contenido de grasa en el ojo de chuleta y por lo tanto, un mejor resultado en la calidad de la carne.

En cuanto a sus características nutricionales, la carne de cerdo tiene un contenido de macronutrientes que varía con la edad en que el animal llega al rastro, así como de la calidad de la dieta que consumió, el corte o la pieza cárnica y la raza del animal. Uno de los componentes importantes de la canal es la grasa. En los cerdos se estima que la grasa corporal se encuentra distribuida mayormente por debajo de la piel con una ocupación del aproximadamente el 70%. Se sabe además que la grasa de cerdo es una buena fuente de minerales como hierro, magnesio, fósforo, potasio y selenio, teniendo una mayor biodisponibilidad en comparación con los minerales de origen vegetal. Por otro lado, se considera que un corte magro cuenta con alrededor de 4% a 8% de grasa (Valero *et al.*, 2012).

Conformación y características en la canal y calidad de la carne de cerdo.

Las canales de cerdo han tenido cambios importantes con el paso de los años, adaptándose a las exigencias del consumidor y generando ciertas adecuaciones en su conformación y engrasamiento.

Los cerdos eran considerados como animales de doble propósito, ya que su finalidad no solo era la de generar carne para abastecer el requerimiento de proteína de origen animal en la dieta, también se aprovechaba su grasa para ser utilizada en la preparación de alimentos (Río, 1996); sin embargo, esto cambió con la introducción de aceites vegetales para la preparación de alimentos, sumado a la tendencia de reducir la cantidad de grasa animal en la dieta para evitar problemas cardiacos (Valenzuela & Morgado, 2005). Esto tuvo repercusiones en la canal, directamente en la cantidad de grasa subcutánea,

disminuyendo de 30 mm hasta alcanzar cifras menores a los 10 mm de espesor (Orno, 2016).

Por eso, la producción de cerdos magros ha sido una tendencia en la porcicultura durante la última década, reduciendo la deposición de grasa corporal y enfocando los sistemas de producción a la selección de razas más magras. Con ello se han generado cambios morfológicos y fisiológicos en los animales, los cuales han impactado tanto en la producción como en la calidad de la carne, afectando la jugosidad y suavidad, reduciendo sus cualidades sensoriales (Bañon *et al.*, 2000).

En México, la carne consumida por el grueso de la población cuenta con aproximadamente un 3% a 5% de grasa intramuscular (Rubio *et al.*, 2013). Además, en cuanto a las propiedades organolépticas muestran a una carne con un color menos intenso, clasificándose como rosa pálido, con un ligero aumento en el drenado de agua y con textura suave sin llegar a ser PSE (Mariezcurrera-Berasain, 2014).

A diferencia de los cerdos de engorda comerciales, los cerdos de raza pequeña, como el cerdo pelón mexicano tienden a tener canales más pequeñas, sin embargo, la cantidad de grasa subcutánea llega a los 20 mm o más. Con respecto a la cantidad de grasa intramuscular se ve una presencia entre el 6.5% hasta un 8%, aproximadamente (Méndez *et al.*, 2002).

Así mismo, la composición de la canal requiere también de mediciones de puntos importantes, tal es el rendimiento de la canal, el cual puede variar según la región donde se esté trabajando, finalmente la meta de esta es obtener el indicador sobre el rendimiento magro de la carne al dar una herramienta de predicción en tal indicador, valiéndose a su vez de datos como el espesor de grasa dorsal medido a la altura de la 10° a la 13° costilla, el parca de ojo de chuleta, peso de la canal en caliente, entre otros (Ray, 2004).

Algunos indicadores en la calidad de la carne requieren de la medición de algunos componentes físico químicos, tal es el caso del pH, el cual juega un papel importante en el proceso de transformación de músculo a carne y los componentes moleculares que participan durante dicho proceso como lo son calpaínas y catepsinas, en este caso el

músculo de cerdo inicia con un pH que oscilan entre 6 y 6.4, esperando que a las 24 horas tras el faenado este descienda a 5.7 y 5.4 lo cual asegura un resultado favorable para las cualidades de la carne, un lento descenso del pH o muy acelerado podrían dar como resultado alteraciones en la carne llegando a presentarse tipo de carne DFD o PSE respectivamente (Bendall y Swatland 1998).

Otra de las características que se miden en calidad y que pueden verse influenciadas por el punto anterior es el color de la carne, el cual se mide a través de diversos sistemas, ejemplo de ellos es el sistema Lab hunter scan, el cual ofrece una cuantificación en la intensidad de luz (L), presencia o ausencia de color rojo (a) y la presencia de color amarillo (b); así mismo, la interacción de estos indicadores por medio de fórmulas permiten calcular la saturación de color en la muestra, partiendo desde tonos grises hasta tonos vivos (factor chroma) y la longitud de onda de radicación de un color (ángulo hue), diferenciando distintas tonalidades de color (Lindahl, 20005).

Otro atributo medible es la capacidad de rendimiento que tiene la carne en la cantidad de agua que puede retener, la forma de evaluar este indicador es variado, una forma de realizarlo es evaluando la pérdida de agua por efecto de la cocción, la cual permitirá calcular el peso porcentual que ha perdido durante este proceso, refiriendo que lo óptimo es que se mantiene alrededor de un 20% con respecto al peso inicial de la muestra, las alteraciones detectadas a este indicador pueden dar evidencia de un mal procesamiento de la carne después del faenado, carne Pálida Suave y Exudativa -PSE- u Oscura, Dura y Seca -DFD- (Offer y Knight, 1988).

Terminando con la evaluación de la suavidad o firmeza de la carne, está puede ser medida a través de un panel sensorial entrenado para categorizar la dureza de la carne o por el método de warner bratzler, el cual consiste en cortar porciones de la muestra, previamente expuestas a proceso de cocción, mediante un instrumento que mide la fuerza requerida para la masticación (Wheeler *et al.*, 1997).

Edad a la matanza

La selección de estas edades también toma en cuenta los cambios estructurales de las masas musculares por el crecimiento de los cerdos debido a la deposición de colágeno entre las fibras musculares, tomando como referencia los cambios observados en músculo de cerdo a distintas edades donde el colágeno desempeñó un papel importante en la dureza de la carne al avanzar la edad de los animales (Fang *et al.*, 1998).

Causas del olor a verraco.

Varias son las características comerciales que se buscan en la carne, para hacerla apetecible para el consumidor, muchas de ellas son el resultado de las dietas proporcionadas en las unidades de producción. La dieta de los cerdos está conformada con diversos nutrientes, de entre los cuales se tiene al triptófano, aminoácido esencial que contribuye al desarrollo estructural en la anatomía del cerdo (aparato locomotor); durante su paso por el tracto gastrointestinal ocurren cambios en su composición molecular por actividad de la microflora bacteriana del colon. Primero sufre una desaminación (desacoplamiento de un grupo amino de la cadena estructural del triptófano), que da como resultado la producción de piruvato e indol, al desecharse el piruvato la molécula de indol permanece en el colon y sufre una descarboxilación en su estructura, dando como resultado la producción de ácido indolacético; posteriormente, se lleva a cabo una segunda descarboxilación de la cual se obtiene 3-metilindol o escatol como producto final (Contreras-Ortiz, 2016). El escatol es excretado con las heces, sin embargo, una fracción de este compuesto es absorbida por la mucosa del colon y transportado vía portal hasta el hígado, sitio donde se metaboliza y se elimina en la orina (Deslandes *et al.*, 2001).

Al llegar la pubertad, en los cerdos se inicia la secreción pulsátil de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), hormona peptídica que es producida en el hipotálamo en la región preóptica, el núcleo arcuato, el núcleo paraventricular y el núcleo periventricular. Ésta hormona pasa a la eminencia media para ser liberada en el sistema portal

hipotálamo-hipofisario, llegando a la adenohipófisis o hipófisis anterior donde estimula a los gonadotropos (Prieto-Gómez, 2002).

La actividad sobre los receptores a gonadotropos desencadena la producción de otro par de hormonas glicoproteicas importantes para la reproducción, la FSH (hormona folículo estimulante) y la LH (hormona luteinizante). La FSH produce cambios morfológicos en las células de Sertoli, encargadas de la transformación de andrógenos en estrógenos, promueve la secreción de inhibina, produce proteína ligadora de andrógenos y estimula el desarrollo de receptores a LH en células de Leydig para la producción de esteroides testiculares, testosterona y andrógenos (Trujillo *et al.*, 2017).

El inicio de estos mecanismos hormonales, su circulación sistémica y posterior metabolismo generan un exceso de sustancias en el tránsito hepático, interrumpiendo el metabolismo y desecho del escatol, causa por la cual el escatol se acumula en el sistema portal, al mismo tiempo se genera un sinergismo del escatol con los andrógenos, específicamente la 5- α -androsteno y se almacena en tejido adiposo, lo cual genera un olor desagradable característico de los cerdos machos enteros, el cual demerita la calidad sensorial de la carne (Castellanos, 2015).

Control del olor a verraco.

Para contrarrestar el olor de verraco es importante implementar estrategias en las unidades productivas, el control del olor a verraco es un manejo zootécnico relevante debido a las repercusiones que tiene en el mercado de la carne. En varios países, incluido México, la presencia de testículos en las canales de cerdo es un indicador de que la carne presenta olor a verraco.

En el mercado mexicano la presencia de testículos da un menor valor a la canal, pasando de los \$30/Kg/canal a \$13/Kg/canal (BM editores, 2019). La presencia de testículos en los cerdos destinados al abasto radica en que la pubertad en animales de engorda, inicia aproximadamente a la edad de 5 meses, misma edad a la que estos cerdos son llevados a rastro; sin embargo, la actividad hormonal y testicular inicia un mes antes de presentarse

la pubertad (aproximadamente a los 4 meses), por lo que puede llegar a concentrarse escatol y androstenona en tejido adiposo dando mal olor a la canal (Trujillo *et al.*, 2017).

En cerdos de raza pequeña, la edad a la pubertad inicia mucho antes, presentándose alrededor de los 3 meses de vida, lo que significa que la actividad hormonal tuvo inicio aproximadamente a los 2 meses (Kangawa *et al.*, 2016). La precocidad en el desarrollo de estas razas incrementa la frecuencia de presentar olor a verraco en la carne, sumado a que la edad de matanza en este tipo de cerdos se da a los 12 meses de edad o más con la finalidad de lograr un mayor engrasado y crecimiento de las masas musculares, por lo que el olor verraco alcanza una mayor concentración en cerdos de raza pequeña (Dang-Nguyen *et al.*, 2010).

Para evitar el olor de verraco en la canal, la castración u orquiectomía bilateral es un manejo zootécnico común en la producción porcícola como medida de control, este procedimiento se realiza durante la primera semana de vida y consiste en hacer una incisión ya sea escrotal o inguinal para retirar ambos testículos y posteriormente ligar sus paquetes vasculares. Durante este manejo se llegan a utilizar anestésicos y analgésicos (Quiles, 2009). La castración se puede realizar en cerdos adultos, sin embargo, el costo es mayor y existe riesgo para el animal por posibles infecciones y complicaciones post quirúrgicas; también se requiere dar un tiempo de descanso para que el escatol y la androstenona sean eliminados del cuerpo del cerdo (Bruniusa *et al.*, 2011).

Otro manejo es la castración química, la cual consiste en el uso de sustancias para provocar la destrucción del tejido testicular, estas sustancias pueden ser; permanganato de potasio, ácido láctico, ácido acético, zinc, sales de plata, por mencionar algunas (Migdal *et al.*, 2009). Sin embargo, el bienestar animal queda en entredicho por el medio de aplicación de este tipo de tratamiento, el cual requiere de la inyección directa en ambos testículos, lo cual refiere estrés y cierto grado de dolor a los cerdos (Vela, 2012)

Bienestar animal en la producción de carne de cerdo.

Con el fin de minimizar el dolor, y sobre todo, dando respuesta a las nuevas tendencias del consumidor en búsqueda de productos que no se relacionen con el maltrato animal y abuso, en cualquiera de sus expresiones hacia los animales destinados a la producción de alimentos, se han modificado las técnicas de manejo y producción en granja, así como en la forma en que se enseña la zootecnia y las disciplinas relacionadas con ella como la medicina veterinaria, que tienen como objetivo la obtención de productos de origen animal (Marabelli, 2003).

El bienestar animal es un elemento imprescindible durante la práctica zootecnia, el cual tiene efectos que trascienden en el producto final, en el caso de la carne, desde el manejo en granja durante la cría y finalización, el transporte al rastro y la matanza, ya que se afectan factores de calidad en los procesos en el que se lleva a cabo la transformación de músculo a carne (Velarde *et al.*, 2015).

En este sentido, el bienestar animal en la cadena de carne de cerdo da respuesta al consumidor quien ha mostrado mayor interés en la calidad nutricional, sanitaria y ética de los alimentos que adquiere, así como el origen y la cadena de producción que llevan hasta su adquisición; también muestran inquietud en saber si los animales de los cuales consumen la carne han tenido una vida digna (Córdova-Izquierdo, 2007).

Es por esta tendencia que la porcicultura ha dado inicio a una serie de cambios en pro de garantizar el bienestar animal durante el proceso de producción con nuevas técnicas y aplicación de tecnologías que estresen menos al animal y por consecuencia aumenten el rendimiento en la producción y la calidad del producto final.

Cómo se mencionó anteriormente, la castración se ejecuta bajo condiciones que aseguren el bienestar de los cerdos; sin embargo, se ha observado que existe un grado de estrés tras la castración que se refleja directamente en el comportamiento de los lechones y su crecimiento durante las primeras semanas de vida, tomando como indicador la cantidad de vocalizaciones, periodos de postración y las veces que consume aliento después de la castración (Taylor *et al.*, 2001; Prunier *et al.*, 2006; Marx *et al.*, 2003).

En países de primer mundo las normas han sido modificadas para garantizar el bienestar de los animales durante su producción y manejo previo a su consumo, un ejemplo de ello

se tiene en el “Code of Recommendations for the Welfare of Livestock: Pigs” publicado por el Reino Unido en 2003, el cual menciona técnicas de producción como la inmunocastración para reducir el estrés en el control del olor a verraco (“boar tail”) considerándola como una opción viable y amigable con los animales y su bienestar durante el trabajo zootécnico en la producción, pero señala a la orquiectomía como una mutilación (Kjærnes, 2007).

Con respecto a otras alternativas como la castración química se ha observado que algunos cerdos presentaron tumefacciones en testículos y escroto, lo cual descarta el uso de este tipo de alternativas para el control del olor a verraco (Migdal *et al.*, 2009).

Inmunocastración y aplicaciones en producción de carne porcina.

Como se ha mencionado anteriormente, la inmunocastración es una alternativa a la orquiectomía para el control del olor a verraco, que además reduce el estrés y contribuye al bienestar del cerdo al ser una técnica no invasiva (Mainau *et al.*, 2013).

En la actualidad existe la disponibilidad de productos destinados a este fin, tal es el caso de Improvac® y Valora®.

Improvac® es una vacuna compuesta por un análogo sintético de GnRH que se acopla a los gonadotrophos sin desencadenar actividad; al mismo tiempo, este análogo sintético va conjugado con un toxoide de difteria, el cual se encargará de activar una reacción inmune humoral obteniendo anticuerpos anti-GnRH (Zoetis, 2009).

Al momento de aplicar la segunda dosis de esta vacuna se desencadena una liberación de anticuerpos contra la GnRH en altas concentraciones, esto ocasiona la inhibición del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal (H-H-T) que tiene como consecuencia una disminución considerable en los niveles séricos de LH y FSH, las cuales actúan sobre las células de Leydig y Sertoli (Einarsson *et al.*, 2011). Todo ello genera un bloqueo en la producción de andrógenos modificando el desarrollo de los órganos reproductivos (testículos, epidídimos y las glándulas accesorias) (Zoetis, 2009; Bruniusa *et al.*, 2011).

La aplicación recomendada por el fabricante del producto es una primera dosis después de las 8 semanas de edad, con una segunda aplicación 4 semanas después y la matanza de los cerdos a la cuarta tras la aplicación de la segunda dosis (Zoetis, 2009).

Por otro lado, Valora® es una vacuna que actúa directamente sobre el factor liberador de LH (LHRH), inhibiendo su producción y teniendo como resultado la ausencia de estímulo sobre las células de Leydig, interrumpiendo así la formación de andrógenos. Esta vacuna se aplica vía intramuscular detrás de la oreja en la región de la tabla del cuello, su aplicación consta de una primera dosis a partir de la tercera semana de edad y otra segunda dosis entre 4 y 10 semanas antes del sacrificio. Se debe considerar un intervalo de 8 semanas entre la primera y la segunda aplicación (CEVA, 2016).

Cabe destacar que algunos investigadores han realizado variaciones en los protocolos de aplicación de la vacuna anti GnRH, tomando en cuenta varios factores que podrían beneficiar los resultados finales en la canal de carne, ejemplo de ello se tienen los trabajos de Dunshea y colaboradores en 2001, donde se establecieron protocolos de inmunocastración llevando dos grupos experimentales de cerdos (large white x Landrace) a rastro a las 23 y 26 semanas de vida con aplicación de vacuna anti GnRH 8 y 4 semanas previas a la edad de rastro establecida, viendo efecto de inmunocastrar semanas antes de la pubertad y justo a la pubertad, observando mejores resultados en este último grupo.

A sí mismo, un estudio realizado en cerdos ibéricos realizó otra modificación en los protocolos de inmunocastración sosteniendo el periodo de aplicación a tres dosis llevando a estos cerdos a rastro a los 16 meses de vida (Martínez-Mancipe *et al.*, 2015).

El resultado final de estas investigaciones ha dado como resultado adecuaciones realizadas por las farmacéuticas determinando los momentos en que los protocolos de inmunocastración tiene mejores resultados en la calidad de la producción cárnica.

Justificación

El consumo de la carne de cerdo en México proviene de animales orquiectomizados en los primeros días de vida por un arraigo social y cultural, lo que pone en riesgo su vida y bienestar; actualmente, existen alternativas inmunológicas menos invasivas, una de ellas es la vacunación anti GnRH, que está disponible en el mercado nacional; sin embargo, en la literatura se muestran diversos resultados con su uso observando algunas mejoras en la canal y la carne al variar los protocolos de aplicación del producto, tales como la edad de aplicación y el número de dosis.

Es por ello que en el presente estudio evalúa la vacuna anti-GnRH en dos protocolos, uno de corta y otro de larga duración, comparándolos con el uso de la orquiectomía en cerdos miniatura, observando los efectos sobre las propiedades de la canal y la calidad de la carne; así como determinar si el cerdo miniatura puede ser un modelo adecuado en el estudio en estos protocolos, debido a su precocidad fisiológica, además de la capacidad de infiltración grasa en la carne.

Objetivos

General:

Conocer los efectos de la vacunación contra GnRH sobre la calidad de la canal y la carne de cerdos de raza miniatura, bajo dos protocolos de aplicación (corta y larga duración)

Específicos:

- ☐ Establecer la calidad de la carne entre cerdos de raza miniatura enteros, orquiectomizados o inmunocastrados.
- ☐ Analizar la eficacia de la aplicación de la vacuna anti-GnRH con protocolos de corta duración y larga duración.
- ☐ Determinar la edad en que se presenta la mejor calidad en la canal y la carne bajo los protocolos antes mencionados.

Hipótesis

Los cerdos miniatura con 7 dosis de vacuna anti-GnRH (larga duración o sostenida) presentan mejor calidad en la canal y la carne que los cerdos con 2 dosis (corta duración o convencional).

Material y Métodos

Estrategia general.

Se seleccionaron 24 cerdos macho de raza miniatura durante la primera semana de lactancia (1 a 7 días de edad aproximadamente), siendo asignados de forma aleatoria en cuatro tratamientos experimentales; T1: enteros, T2: orquiectomizados, T3*: corta duración (3 y 8 semanas de vida) y T4*: en larga duración, iniciando la aplicación en la semana 3 de vida, con dosis subsecuentes aplicadas cada 4 semanas hasta llegar a la edad de matanza (24 y 32 semanas de vida).

Los animales fueron alojados y alimentados de acuerdo con la NOM-062-ZOO-1999, y la matanza se realizó según lo indicado por la NOM-033-SAG/ZOO-2014, posteriormente, se procedió al faenado de la canal y pesaje de los cortes primarios. Después de 24 horas de oreo en cámara frigorífica se procedió a la evaluación de la canal y la calidad de la carne empleando el músculo *Longissimus dorsi*. Los desechos biológicos tuvieron un manejo indicado según lo estipulado por los lineamientos del manejo de RPBI's de la FMVZ-UNAM.

Nota ética

El proyecto contó con la revisión y posterior aprobación del comité SICUAE de la FMVZ-UNAM, bajo el protocolo con clave *MC-2018/2-18*.

Alojamiento.

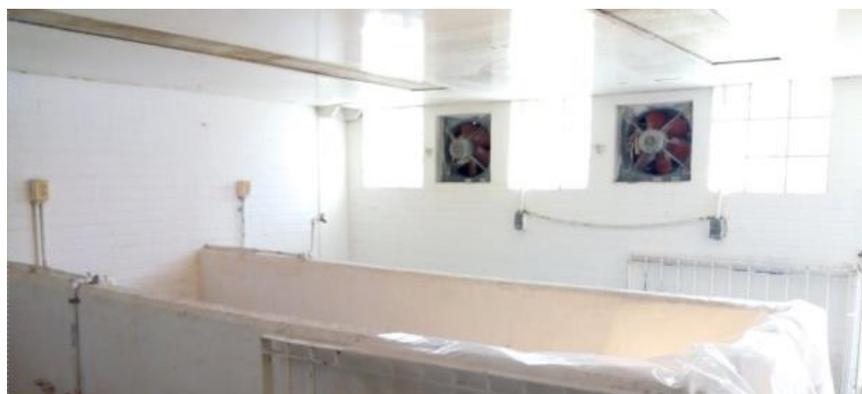
Los cerdos fueron alojados en corrales tipo danés, equipados con bebederos automáticos a la altura de los hombros de los cerdos con suministro de agua *ad libitum* (Figura 1).

Las condiciones medio ambientales y de espacio ofrecidas a los animales se adecuaron siguiendo el peso y edad de los animales (Cuadro 1), con el fin de mantener su confort durante el desarrollo del proyecto.

Cuadro 1. Condiciones medioambientales proporcionadas a los sujetos de estudio.

Peso (Kg)	Espacio vital (m²/animal)	No. Animales/corral	Temperatura requerida (°C)
1 a 2	0.28	15 a 18	30 a 32
2 a 4	0.28		28 a 30
4 a 6	0.28		26 a 28
7 a 19	0.35	18 a 25	24 a 26
10 a 25	0.54	18 a 23	16 a 24

(Tomado de Pérez, 2010)



(Silva, 2019)

Figura 1 Alojamiento acondicionado para cerdos miniatura.

Dieta ofrecida.

La alimentación de los cerdos durante todo el experimento estuvo constituida por una dieta comercial controlada (purina-finalizador), con una formulación conocida sin variaciones (cuadro 2).

Cuadro dos

Cuadro 2. Formación de grupos experimentales.

Ingrediente	Base seca	Base húmeda
Proteína (%)	14.08 ± 0.09	12.57 ± 0.09
Extracto Etéreo (%)	2.86 ± 1.0	2.56 ± 0.9
Cenizas (%)	12.8 ± 1.8	11.46 ± 1.62
ELN* (%)	70.29	62.93
Humedad (%)	-	10.48 ± 0.34

(Silva, 2019)

Diseño experimental

Para la selección de la muestra durante el proyecto se contó con disponibilidad directa de los cerdos miniatura por parte de una granja núcleo, la población consta de dos sementales y seis hembras reproductoras, de los cuales se obtuvieron 24 machos, dividiendo este grupo en dos edades a la matanza a las 24 y 32 semanas de vida, con cuatro tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Formación de grupos experimentales.

Grupos	Número de Tratamientos por edad (24 y 32 semanas)	Animales por Tratamiento	Animales totales
T1	2	3	6
T2	2	3	6
T3	2	3	6
T4	2	3	6

T1= Machos enteros; T2= Machos orquiectomizados; T3= Inmunocastración de corta duración y T4= Inmunocastración de larga duración

(Silva, 2019)

Los tratamientos (T) empleados en el proyecto de investigación se detallan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cronograma de aplicación de Tratamientos.

Tratamientos/ edad (semana)	1	3	8	12	16	20	24	28
T1	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m
T2	Orq	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m
T3*	s/m	D-1	D-2	s/m	s/m	s/m	s/m	s/m
T4*	s/m	D- 1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7

T1= Machos enteros; T2= Machos orquiectomizados; T3= Inmunocastración de corta duración y T4= Inmunocastración de larga duración; s/m= sin manejo; Orq: Orquiectomía; D= dosis *Improvac®, Reg. SAGARPA B-1196-122 2ml/subcutánea.

(Silva, 2019)

La orquiectomía (T2) se realizó durante la primera semana de vida de los lechones seleccionados, entre el día 3 y 5 de nacidos (Cuadro 3). Para la orquiectomía se estableció el siguiente protocolo quirúrgico:

1. Limpieza y desinfección del escroto con yodo al 10%.
2. Aplicación de 0.01ml de lidocaína en la región de la línea media del escroto, dando un periodo de espera de 10 segundos para tener efecto analgésico local.
3. Incisión con navaja de bisturí sobre la línea media del escroto.
4. Exposición de testículos para su extracción.
5. Incisión la túnica vaginal parietal de cada testículo.
6. Desenvaine de la túnica vaginal parietal, por testículo.
7. En cada testículo se hizo la sujeción con gasa estéril, aplicando torniquete de hemostasia sobre el paquete vascular.
8. Desgarre romo del testículo por tiro en una sola intención.
9. Aplicación de cicatrizantes y antisépticos en la zona de incisión.

Evaluación *in vivo*.

Previo a la matanza de realizaron algunas mediciones en los cerdos para conocer las condiciones físicas con las que llegan a esta etapa:

- ☐ Condición corporal: Se asignó una categoría en la condición corporal de los animales previo a la matanza siguiendo la clasificación de Patience J. Thacker P. (1989), con la finalidad de ubicar a los sujetos de estudio en una calificación de entre 2.5 y 3.
- ☐ Peso vivo en pie: Se tomó el peso vivo de los animales haciendo uso de una báscula digital.

Matanza y obtención de la carne.

La matanza se realizó según lo indicado por la NOM-033-SAG/ZOO-2014, aplicando aturdimiento a los cerdos por medio de choque eléctrico detrás de las orejas, posteriormente se procedió al desangrado por corte de la vena cava anterior (vena cava craneal) por incisión con cuchillo abajo del brazo izquierdo en un tiempo menor a 20 segundos después del aturdimiento.

Calidad de la canal.

Se calculó el rendimiento de la canal, resultado de la aplicación de los tratamientos y se procedió a realizar las siguientes mediciones para su posterior análisis estadístico.

- ☐ Área de ojo de chuleta: Lectura tomada con la impresión de la huella del ancho del área del músculo *Longissimus dorsi* tomada a la altura del 10° espacio intercostal, de la cual se obtuvo una cuantificación del área con el uso de una plantilla graduada en cm².
- ☐ Cantidad de grasa dorsal: se evaluará el grosor de la grasa dorsal a la altura del 10° espacio intercostal.
- ☐ Determinación del rendimiento magro de la canal: para ello se recurrió a la fórmula utilizada para la clasificación de canales de cerdo publicada en la NMX-FF-

081-2003. Productos pecuarios. carne de porcino en canal- calidad de la carne- clasificación. La fórmula usada se describe a continuación.

$$(P.C.P.kg= 10,07+(0,460xP. En C.)-(2,14xG.D.)$$

- ☐ P.C.P = Peso de los Cortes Primarios
- ☐ P. en C. = Peso de la canal caliente (con cabeza y patas)
- ☐ 10.7 = Intersección al origen (Constante)
- ☐ 0.46 = Magnitud de cambio en el rendimiento de los cortes en kilogramos en función de la grasa de la canal
- ☐ G.D.= Grasa Dorsal medida en centímetros
- ☐ 2.14 = Magnitud del cambio en el rendimiento de los cortes primarios en kilogramos

Una vez retiradas las vísceras y la cabeza, se mantuvo a la canal en refrigeración a 4°C durante 24 horas antes de obtener los cortes primarios de la canal.

Cortes primarios:

Para calcular el rendimiento de la canal en cortes primarios, resultado de la aplicación de los tratamientos, se procedió a realizar las siguientes mediciones para su posterior análisis estadístico (Figura 2).

La obtención de los cortes contó con la presencia de huesos y grasa para su posterior medición, a excepción del lomo, el cual fue extraído completo sin huesos ni grasa.

1. Lomo: se extrajo el músculo *Logissimus dorsi* desde su inserción en la porción cervical hasta su inserción en el hueso coxal.
2. Paleta: comprende los músculos insertado a la escápula y el húmero hasta la articulación cúbito-radio-humeral.
3. Costillar: se extrajeron las costillas y músculos intercostales partiendo de su articulación con las vértebras torácicas hasta el borde de las esternebrias y el borde de la última costilla.

4. Codillo: comprendió los músculos insertados a los huesos del cúbito y el radio y se delimita de la articulación cúbito-radio-humeral a la carpo-cúbito-radial.
5. Pierna: comprende los músculos que se insertan del fémur hasta aquellos con relación al coxal, se delimita de su inserción al hueso coxal hasta la articulación tarso tibio patelar.
6. Manitas: comprende de la articulación carpo-cúbito-radial a la pezuña.
7. Patitas: comprende de la articulación tarso tibio patelar a la pezuña.
8. Filete: se extrajo el músculo psoas completo.
9. Cabeza: se separó la cabeza completa a partir de la articulación atlanto-occipital.

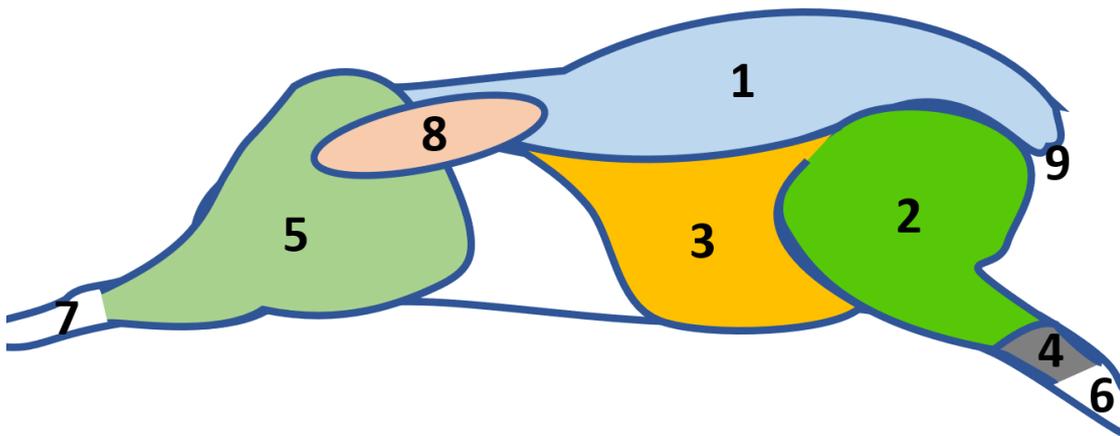


Figura 2 Cortes primarios obtenidos en el estudio.(Silva, 2019)

Evaluación de la carne.

Se utilizó el músculo *Longissimus dorsi* del lado izquierdo para la evaluación en la calidad de la carne, para ello se utilizaron las técnicas de valuación rutinarias del Laboratorio de Ciencias de la Carne de la FMVZ-UNAM.

- ☐ Medición de pH: Se utilizó un potenciómetro portátil, calibrado previamente con una base de pH ácido (4.0) y una base neutra (7.0). Para la lectura se introdujo el electrodo en la carne en posición perpendicular a la masa muscular evitando tocar grasa o tejido conectivo, realizando dos lecturas por muestra (Figura 3).



Figura 3 Proceso de medición de pH (Silva, 2019)

- ☐ Evaluación de color: Según la metodología de evaluación aceptada por la Asociación Americana de Ciencias de la Carne (AMSA) en el 2015, previo a la toma de esta evaluación se realizó un corte que expone la porción profunda de la muestra a fin de permitir la oxigenación de la carne, esto con la finalidad de hacer una lectura óptima de colorimetría, para ello se dejó expuesta la carne al ambiente durante 15 minutos. La evaluación del color en las muestras se hizo por medio del uso del colorímetro Hunter-LabMiniScan (apertura de 2.5cm, iluminante D-65, ángulo de 10°); se realizaron 3 lecturas por muestra, a una temperatura que osciló entre los 8 a 10°C (Gómez, 2017) (Figura 4). De las lecturas realizadas se recabó la siguiente información:



Figura 4. Medición de color en carne por el sistema e HunterLab.(Silva, 2019)

- o L: Indicador de luminosidad, interpretado como la cantidad de luz que es capaz de atravesar la muestra.

L: 100 = Blanco L: 0 = Negro

- o Factor croma (c): se realizó la raíz cuadrada de la suma de a y b.

$$C = \sqrt{a + b}$$

- o Ángulo Hue (h): el ángulo correspondiente a la diferencia entre la trama b* entre a .

$$h = \text{tang} \frac{b}{a}$$

- ☐ Pérdida de agua por cocción: se tomaron porciones de la muestra con un grosor aproximado de 2 pulgadas, estas se pesaron antes ser colocadas en una parrilla eléctrica (Grill Panini-George Foreman GR2080R), previamente calentada a 200°C. La cocción se hizo hasta alcanzar los 70°C tomando la temperatura desde el centro geométrico de la muestra, primero se dejó una cara de la muestra en cocción hasta alcanzar los 35°C, posteriormente se giró la carne y dejar en la parrilla hasta alcanzar los 70°C. Tras la cocción la muestra fue retirada de la parrilla y se dejó enfriar, para posteriormente volver a pesar la muestra y determinar la pérdida de agua por cocción (Figura 5).



Figura 5 Proceso de evaluación en pérdida de agua por cocción. (Silva, 2019)

Fuerza de corte Warner Bratzler: Se obtuvieron cilindros de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro proveniente de las muestras de carne cocidas, procurando que la posición de las fibras musculares se orientará en forma longitudinal al cilindro. Dichos cilindros fueron sometidos una prueba de corte con un aparato digital de Warner-Bratzler, dando una lectura de la fuerza requerida en Kg para cortar la muestra simulando la masticación (Choe *et al.*, 2016) (Figura 6 y 7).



Figura 6, Obtención de cilindros para la medición de fuerza de corte. (Silva, 2019)



Figura 7. Toma de lectura de fuerza de corte por muestra.

Pruebas estadísticas.

El diseño del análisis estadístico tomó como base el trabajo realizado por Martínez-Macipe *et al.*, en 2016, utilizando el modelo mixto para mediciones repetidas, el cual permite calcular el componente de covarianza, usando el software SAS 9.2, SAS Institute Inc. 2002–2008, Cary, NC, EE. UU.

Este modelo de análisis elimina la variación residual por diferencia entre grupos experimentales, requiriendo de una menor cantidad de individuos por tratamiento, eliminando el factor de covarianza usando el mejor componente dentro de las variables en estudio, seleccionando aquella con el menor índice de covarianza.

Resultados

El resultado de los pesos a la edad de matanza, ubicada a los animales en condición corporal entre 2.5 y 3, arrojó los siguientes resultados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Media y desviación estándar del peso (kg) al inicio y final del experimento.

Tratamiento	Edad a la matanza (semanas)	Peso inicial a las 3 semanas (kg)	Peso final a la matanza (kg)
T1	24	1.084 ± 0.04	9.433 ± 1.69
	32	1.039 ± 0.15	21.68 ± 7.26
T2	24	1.049 ± 0.11	9.233 ± 1.50
	32	0.766 ± 0.25	21.000 ± 3.22
T3	24	1.322 ± 0.28	13.810 ± 0.20
	32	0.760 ± 0.18	18.266 ± 1.63
T4	24	1.027 ± 0.14	12.320 ± 4.49
	32	1.255 ± 0.23	15.000 ± 0.95

T1= Machos enteros; T2= Machos orquiectomizados; T3= Inmunocastración de corta duración y T4= Inmunocastración de larga duración. (Silva, 2019)

Calidad de la canal.

Los resultados obtenidos de las mediciones tanto en calidad de la canal arrojaron los siguientes resultados (cuadro 6), desglosados a continuación.

Peso de la canal en caliente.

En esta variable hubo diferencias ($P < 0.05$) por efecto de la edad en machos enteros y orquiectomizados, pero no en inmunocastrados.

Al comparar los tratamientos en la semana 24 de vida, no se observó significancia ($P > 0.05$). Por el contrario, a las 32 semanas de vida la diferencia ($P < 0.05$) se observó entre los animales enteros e inmunocastrados.

Espesor de grasa dorsal.

Los resultados no presentaron diferencia ($P>0.05$) por efecto edad. Al comparar los tratamientos, a las 24 y 23 semanas hubo diferencias entre T1 y los tratamientos con Inmunocastración ($P<0.05$).

Rendimiento de la canal.

Al igual que la variable peso de la canal en caliente, la edad mostró diferencias ($P<0.05$) en animales enteros y orquiectomizados. Los animales inmunocastrados, tanto de corta como de larga duración, no hubo diferencias ($P>0.05$).

Al comparar los tratamientos por edad, a las 24 semanas no se observó diferencia. Sin embargo, a las 32 semanas, el mayor rendimiento se registró en cerdos enteros, seguido de orquiectomizados ($P>0.05$), en tercer lugar, animales inmunocastrados de corta duración y finalmente los inmunocastrados de larga duración ($P>0.05$). los tratamientos físicos (enteros y orquiectomizados) tuvieron mayor desempeño que los inmunocastrados.

Cortes primarios.

En esta variable hubo diferencias ($P<0.05$) por efecto de la edad en machos enteros y orquiectomizados, pero no en inmunocastrados. Al comparar los tratamientos en la semana 24 de vida, no se observó significancia ($P>0.05$) entre los tratamientos, sin embargo, a las 32 semanas de vida la diferencia ($P<0.05$) se observó entre los denominados tratamientos físicos e inmunológicos (T1 y T2 vs T3 y T4).

Área de ojo de Chuleta

Se tuvieron diferencias ($P<0.05$) por efecto de la edad en machos enteros y orquiectomizados, pero no en inmunocastrados. Al comparar los tratamientos en la semana 24 de vida, no se observó significancia ($P>0.05$) entre los tratamientos, sin embargo, a las 32 semanas de vida hubo diferencia ($P<0.05$) entre los cerdos orquiectomizados y los tratamientos de inmunocastración.

Cuadro 6. Características de calidad de la canal de cerdos miniatura.

Variables	Edad (semanas)	Tratamientos físicos		Tratamientos inmunológicos	
		Enteros	Orquiectomizados	Impro-corta	Impro-larga
Peso canal caliente (Kg)	24	7.18 ± 1.01 ^{a,1}	5.93 ± 1.17 ^{a,1}	10.17 ± 0.42 ^{a,1}	8.95 ± 3.45 ^{a,1}
	32	18.07 ± 5.70 ^{a,2}	16.40 ± 4.36 ^{abc,2}	11.53 ± 1.41 ^{b,1}	12.20 ± 2.26 ^{bc,1}
Grasa dorsal (cm)	24	0.63 ± 0.15 ^{a,1}	1.23 ± 0.20 ^{ab,1}	1.73 ± 0.20 ^{b,1}	1.46 ± 0.25 ^{b,1}
	32	0.66 ± 0.47 ^{a,1}	1.1 ± 0.69 ^{ab,1}	1.4 ± 0.36 ^{b,1}	1.73 ± 0.05 ^{b,1}
Rendimiento de la canal	24	12.01 ± 0.14 ^{a,1}	10.16 ± 0.09 ^{a,1}	11.04 ± 0.54 ^{a,1}	11.51 ± 1.17 ^{a,1}
	32	16.95 ± 1.65 ^{a,2}	16.22 ± 3.48 ^{ac,2}	12.37 ± 0.46 ^{b,1}	11.97 ± 1.09 ^{b,1}
Cortes primarios (Kg)	24	3.80 ± 0.84 ^{a,1}	2.73 ± 0.55 ^{a,1}	6.05 ± 0.50 ^{a,1}	4.97 ± 1.99 ^{a,1}
	32	9.35 ± 1.29 ^{a,2}	9.86 ± 3.45 ^{a,2}	5.55 ± .074 ^{b,1}	5.59 ± 0.48 ^{b,1}
Área de ojo de chuleta (cm ²)	24	9.16 ± 1.04 ^{a,1}	7.5 ± 0.50 ^{a,1}	10.33 ± 1.52 ^{a,1}	9.5 ± 3.77 ^{a,1}
	32	16.33 ± 1.52 ^{a,2}	20.66 ± 1.52 ^{a,2}	11.83 ± 1.89 ^{ab1}	12 ± 2.64 ^{ab,1}

Literales diferentes en la misma fila, representa diferencia (P<0.05).

Números diferentes en la misma columna representa diferencia (P<0.05), únicamente en la variable correspondiente.

(Silva, 2019)

Calidad de la carne.

Con respecto a los resultados obtenidos en las variables de calidad de la carne, estos se presentan a continuación (Cuadro 6).

pH.

Para esta variable no hubo diferencia (P>0.05) por efecto de la edad en ninguno de los tratamientos. Al comparar el efecto por los tratamientos a las 24 semanas mostraron una diferencia de los animales inmunocastrados de larga duración con respecto al resto de los tratamientos (P<0.05), no así entre los tratamientos durante la semana 32 de vida (Cuadro 7).

Luminosidad (L).

Para luminosidad no se registró diferencias por efecto de la edad, al igual que por efecto de los tratamientos a las 24 como a las 32 semanas ($P>0.05$).

Índice chroma (c).

En este índice se observó la diferencia por efecto de la edad solo en el grupo T2 ($P<0.05$). No hubo diferencia entre tratamientos al compararse a las 24 semanas de vida. Por el contrario, a las 32 semanas los animales orquiectomizados registraron un índice de 5.31, diferentes ($P<0.05$) a los animales enteros e inmunocastrados.

Ángulo hue (h).

En el caso de esta variable, hubo diferencia por efecto de la edad en el grupo de cerdos orquiectomizados ($P<0.05$). En la comparación del efecto de los tratamientos a las 24 semanas de vida, se observó diferencia significativa entre el grupo de cerdos orquiectomizados y el de cerdos inmunocastrados de corta duración ($P<0.05$), contrario a las 32 semanas donde no se identificó diferencias entre los tratamientos ($P>0.05$).

Fuerza de corte (WB).

Con respecto a la fuerza de corte, el efecto de la edad mostró diferencias en el grupo T2 ($P<0.05$). Al observar el efecto por los tratamientos a las 24 semanas de vida se tuvo diferencia entre el grupo T1 y T2 ($P<0.05$), caso contrario a lo observado a las 32 semanas donde no se registró diferencias entre los tratamientos ($P>0.05$).

Rendimiento por pérdida de agua a la cocción.

En la variable correspondiente al rendimiento por pérdida de agua a la cocción, no se tuvo diferencia significativa por efecto de la edad ($P>0.05$). Al comparar los tratamientos, no se

observó diferencia significativa a las 24 semanas de vida ($P>0.05$), no así a las 32 semanas, donde el grupo de cerdos orquiectomizados registró un valor de 14.48 (Cuadro 7), valor mucho menor que el resto de los tratamientos ($P<0.05$).

Cuadro 7. Características en calidad de la carne en cerdos miniatura.

Variables	Edad (semanas)	Tratamientos físicos		Tratamientos inmunológicos	
		Enteros	Orquiectomía	Impro-corta	Impro-larga
pH	24	5.3±0.055 ^{a,1}	5.47±0.10 ^{a,1}	5.54±0.07 ^{a,1}	5.74±0.04 ^{b,1}
	32	5.51±0.08 ^{a,1}	5.7±0.15 ^{a,1}	5.49±0.86 ^{a,1}	5.7±0.17 ^{a,1}
L	24	52.65±1.93 ^{a,1}	61.09±0.51 ^{a,1}	56.02±1.48 ^{a,1}	58.27±3.81 ^{a,1}
	32	50.66±5.58 ^{a,1}	54.09±10.84 ^{a,1}	55.45±5.28 ^{a,1}	56.54±3.08 ^{a,1}
c	24	4.73±0.15 ^{a,1}	4.63±0.13 ^{a,1}	4.73±0.16 ^{a,1}	4.86±0.04 ^{a,1}
	32	5.00±0.08 ^{ab,1}	5.31±0.14 ^{a,2}	4.88±0.14 ^{ab,1}	4.74±0.17 ^{ab,1}
h	24	1.82±0.24 ^{a,1}	3.17±0.07 ^{b,1}	1.78±0.17 ^{a,1}	2.27±0.81 ^{ab,1}
	32	1.5±0.02 ^{a,1}	1.5±0.50 ^{a,2}	1.88±0.69 ^{a,1}	1.89±0.09 ^{a,1}
WB (Kg)	24	3.60±0.42 ^{a,1}	1.96±0.11 ^{b,1}	2.87±0.16 ^{ab,1}	2.43±0.13 ^{ab,1}
	32	3.00±0.94 ^{a,1}	3.31±0.58 ^{a,2}	2.48±0.32 ^{a,1}	3.12±0.28 ^{a,1}
Rendimiento a la cocción (%)	24	18.19 ± 5.21 ^{a,1}	22.31 ± 4.52 ^{a,1}	20.33 ± 3.33 ^{a,1}	25.20 ± 1.97 ^{a,1}
	32	28.36 ± 4.51 ^{a,1}	14.48 ± 2.09 ^{b,1}	23.53 ± 5.29 ^{a,1}	22.28 ± 5.76 ^{a,1}

Literales diferentes en la misma fila, representa diferencia ($P<0.05$).

Números diferentes en la misma columna representa diferencia ($P<0.05$), únicamente en la variable correspondiente.

Discusión.

Variables correspondientes a la evaluación en la calidad de la canal

Peso de la canal en caliente.

La diferencia identificada en los tratamientos T1 se atribuyó por efecto de la hipertrofia propia de la pubertad, por su parte el efecto en T2 se atribuyó al engrasamiento de la canal tras la orquiectomía, sin embargo en ambos tratamientos de inmunocastración la ausencia de la diferencia concuerda con lo previamente descrito por Gispert *et al.*, 2010 y Font-i-Furnols *et al.*, 2012, al realizar estudios similares en cerdos de línea comercial, sin embargo, estos últimos incluyen el peso de los testículos (313gr en inmunocastrados y 737gr en enteros), por lo cual al final encuentran significancia en el peso de las canales, caso contrario en el presente estudio donde los testículos (60gr en enteros y de 10 a 4 gr en inmunocastrados) de los cerdos miniatura no generó diferencia significativa en el pesaje de la canal.

La diferencia de 11 Kg. en T1 y T2 con respecto a los inmunocastrados de corta y larga duración de 0.67 kg corrobora lo observado por Mancipe-Martínez *et al.*, 2016 donde los canales cerdos ibéricos orquiectomizados e inmunocastrados no mostraron diferencias, similar al comportamiento observado anteriormente en cerdos de línea comercial convencional en estudios de Xue J *et al.*, 1996, con una diferencia de 7 Kg entre tratamientos, con una diferencia de 7 Kg entre tratamientos. Comportamiento observado anteriormente en cerdos de línea comercial convencional.

Grasa dorsal

El efecto de la edad sobre los tratamientos discrepa por los resultados existentes en la literatura, tal es el caso de lo publicado por Dunshea *et al.*, 2001 y Škrlep *et al.*, 2010, donde mencionan que, en cerdos de línea comercial, a mayor edad se observa mayor engrasamiento.

La diferencia en el grupo de orquiectomizados al presentar mayor espesor de grasa dorsal es consecuencia de del tratamiento tanto a las 24 como a las 32 semanas de edad, por su parte la igualdad entre ambos tratamientos de inmunocastrados y cerdos enteros permite observar el efecto de la inmunocastración preservando este indicador. En el Cuadro 6 se percibe que el grupo de cerdos enteros tiene menos grasa que los demás tratamientos, siendo que el grupo de cerdos inmunocastrados tienden a tener mayor depósito de grasa subcutánea (hasta 1.10 cm), contrario al efecto observado por Dunshea *et al.*, 2001, donde refiere diferencia estadística al comparar distintos protocolos de inmunocastrados, con tan solo diferencia de solo 0.3 cm en cerdos comerciales de engorda.

Rendimiento de la canal (%)

La similitud existente entre T1 y T2 contrario de los tratamientos con improvac coincide con los resultados publicados por Borah *et al.*, en 2016 en cerdos comerciales, donde el efecto en enteros y orquiectomizados se atribuye, al igual que en el peso de la canal a la hipertrofia y a la infiltración grasa respectivamente; por su parte, el comportamiento de inmunocastración tanto de corta como de larga duración no alteran el crecimiento y posterior rendimiento, corroborando lo publicado por Škrlep *et al.*, en 2010, usando en este caso un protocolo modificado del uso de improvac, contrario a lo observado por Castellanos, 2015, haciendo un análisis similar. Dunshea *et al.*, 2001 con cerdos comerciales inmunocastrados demostraron un incremento del 7% en rendimiento en animales.

Peso de cortes primarios

Las diferencias por edad en T1 y T2 concuerdan con lo publicado por Romero en 2009 quien no encontró diferencias en grupo similares al utilizar cerdos de línea comercial, enfocando tal resultado a lo anteriormente mencionado en peso de la canal en caliente y en rendimiento de la canal.

La diferencia se observa entre los tratamientos físicos (enteros y orquiectomizados) y lo inmunológicos (protocolo de corta y larga duración), los dos grupos de inmunocastrados

no varían su peso e inclusive disminuyen, a diferencia de los grupos no inmunocastrados; esto concuerda con resultados publicado por Gallegos-Lara *et al.*, 2015.

Área de ojo de chuleta

La diferencia de 7.17 y 13.16 cm² respectivamente en T1 y T2 coincide con los resultados publicados por Borah *et al.*, 2016, (diferencia de 19cm²) donde se observó diferencia en el área de ojo de chuleta por efecto de tiempo; por su parte, los orquiectomizados reportados por Xue J *et al.*, 1997 tuvieron una reducción en el área de ojo de chuleta de 1.6 cm², atribuido al factor tiempo.

A las 32 semanas de vida en el grupo de orquiectomizados contra el grupo de inmunocastrados de corta y larga duración, observándose diferencia de 1.83cm² y 8.66 cm², respectivamente; lo cual ratifica los resultados publicados por Dunshea *et al.*, 2001 y Škrlep, M. *et al.*, 2010 donde no se tuvo significancia entre tratamientos.

Calidad de la carne

pH

La diferencia entre protocolos de corta duración con pH de 5.54 y 5.49 y de larga duración con pH de 5.79 y 5.70 a las 24 semanas y a las 32 semanas, respectivamente, sin embargo, Gallegos-Lara., 2015 de igual forma encuentra significancia en esta variable al utilizar cerdos de línea comercial, pero con un valor de pH más alto al observado en el presente estudio (pH 5,80 en inmunocastración temprana y 5,88 en tardía).

L (luminosidad)

Los valores obtenidos de todos los grupos se mantuvieron en el cuartil superior dentro del rango establecido para la lectura de L en carne (Cuadro 8), lo que pudiera deberse a una característica de la línea genética utilizada, concordando con lo reportado en estudios de

Muriel *et al.*, 2004, donde refiere resultados de color en cuatro variables de cerdo ibérico manteniendo L en valores más elevados en el musculo *Longissimus dorsi*.

c (factor chroma)

No se observó significancia estadística ($P=0.1660$) entre los tratamientos; resultados que corroboran lo reportado por Pauly *et al.*, en 2009 y Verdezoto en 2009.

El grupo orquiectomizados a las 32 semanas, mostró un índice más alto (+0.57); esta respuesta se puede atribuir a la cantidad de vasos sanguíneos que rodean el tejido adiposo, lo cual durante el proceso de faenado puede influenciar en la cantidad de hemoglobina en la carne y su nivel de oxigenación; a sí mismo el factor genético juega un papel importante (Muriel *et al.*, 2004) continuando con las variaciones de cerdos ibéricos donde la variaciones de lampiño y retinto mostraron mayor intensidad en el color.

h (ángulo Hue)

No se encontró diferencia ($P=0.0876$) entre los tratamientos, coincidiendo con lo reportado por Verdezoto en 2009.

En la interacción tratamiento*edad se encuentra significancia estadística ($P=0.0169$) a las 24 semanas, en el grupo de cerdos orquiectomizados con una diferencia de 1.39° , lo cual coincide con Verdezoto en 2009.

Fuerza de corte (WB)

Con respecto a la interacción efecto de la edad, los resultados contrastan a lo publicado por Borah *et al.*, 2016 donde la variable edad si mostró efecto en la fuerza de corte. Sin embargo, hubo similitud a la información publicada por Latorre *et al.*, 2003, donde no se observó significancia en cerdos orquiectomizados, ambos en líneas comerciales.

Los resultados de la comparación entre los protocolos contra GnRH corroboran los resultados de Gallegos-Lara *et al.*, 2015. Sin embargo, al comparar los tratamientos con el grupo de cerdos enteros estos, contrasta con resultados reportados por Flores-Rondón *et al.* 2009, dónde los cerdos enteros tuvieron mayor fuerza de corte que los inmunocastrados con diferencia de 0.4 Kg de fuerza. Mientras que en entre entero y orquiectomizados a las 32 semanas se comprueban que los resultados en la aplicación de este último tratamiento coinciden con lo reportado por Barton-Gade en 1987.

Pérdida de agua por cocción.

El efecto por edad entre los tratamientos contra GnRH; siendo estos resultados similares a los publicados por Van den Broeke *et al.*, 2016, y Bertram *et al.*, 2007.

Al comparar los grupos de enteros y orquiectomizados vs inmunocastrados de corta y larga duración los resultados se localizan dentro del rango de pérdida óptimo que va alrededor del 20% \pm 5, Gallegos-Lara *et al.*, en 2015 reportan el mismo comportamiento entre las variables expuestas al estudiar sus tratamientos de inmunocastración en cerdos comerciales.

A las 32 semanas en el grupo de enteros al compararlo con el grupo de orquiectomizados se observó diferencia de 13.88%. En estos resultados muestran la misma respuesta observada por Van den Broeke *et al.*, 2016.

Cuadro 8. Indicadores de calidad.

Indicadores	Rangos
pH	5.3-5.8
L	58-49
a	6-8
b	11-14
Terneza	2.5-3
Pérdida de agua	\leq 20%

Fuente. AMSA, 2015

Conclusiones.

Comparación entre protocolos contra GnRH de larga y corta duración.

Se puede concluir que no existe diferencia entre los tratamientos de inmunocastración de corta y larga duración, presentando ambos las mismas características en la canal y calidad de la carne.

Sin embargo, al pasar el periodo de efecto inmunológico en los cerdos inmunocastrados de corta duración se observó el reinicio de la actividad reproductiva de los mismos refiriéndonos a evidencia conductual y el inicio en la percepción de olor a verraco durante el manejo en los sujetos llevados a las 32 semanas de vida a la matanza.

Se puede concluir que ambos tratamientos anti GnRH no muestran diferencia entre si, lo cual se puede atribuir a que el uso de improvac bloquea a la GnRH a nivel hipofisiario, lo que a su vez interrumpe a nivel gonadal la producción de andrógenos, entre ellos a la testosterona, que reduce su concentración a nivel plasmático, lo cual se vio reflejado en la reducción del olor a verraco, en el comportamiento sexual, el comportamiento social y la eficiencia de la canal y cárnica de los animales.

Comparación entre grupo de orquiectomizados y los tratamientos contra GnRH de corta y larga duración.

Los cerdos orquiectomizados, a pesar de mostrar números más elevados en los resultados de calidad de la canal resultan tener menor calidad a la evaluación de la carne, sumando a esto que la cantidad de infiltración grasa reduce su eficiencia cárnica en comparación de los cerdos enteros, a los que los cerdos inmunocastrados se acercaron más, especialmente en calidad de la carne.

Comparación entre grupo de enteros y los tratamientos contra GnRH de corta y larga duración.

Se concluye que los tratamientos de inmunocastración tanto de corta como de larga duración mantiene rangos similares a los expresados por cerdos enteros, donde se observaron diferencias en las siguientes variables a las 24 semanas de vida (en rendimiento de la canal) y a las 32 semanas (en área de ojo de chuleta); al referirnos a la calidad de la carne solo se observó una diferencia de a las 24 semanas (pH) , lo cual indica que la inmunocastración en cerdos miniatura mantuvo muchas de las propiedades de los cerdos enteros en calidad de carne, lo que según el mercado de consumo de cerdos de raza pequeña es lo ideal al no interferir con el curso en los estándares de calidad de este tipo de cerdos, exentándolos de variaciones que salen de estos rangos como lo muestra el grupo de cerdos orquiectomizados.

La tendencia cultural y social en México de consumir carne de cerdo castrado, contrasta con países de Asia y Europa donde en la producción de cerdo se aplica castración tardía - quirúrgica o inmunológica- o el consumo de animales enteros, con ello se mantienen las cualidades de calidad en la canal y la carne, además en esos países se aplican tratamientos como: curado, ahumado y proceso de charcutería, que contrarrestan el efecto del olor a verraco e incrementan su valor en el mercado.

El presente estudio demuestra que los cerdos inmunocastrados de larga duración pueden ser una opción para ofrecer cerdos con las características de calidad en canal y carne similares a la que presentan los enteros eliminando la presencia del olor a verraco y comportamiento reproductivo.

Edad ideal a la matanza en cerdos miniatura o de raza pequeña.

Los resultados de las diferentes variables en el presente estudio nos llevan a concluir que la edad mínima para la matanza de los cerdos miniatura para consumo deberá de ser a partir de las 32 semanas. Lo cual abre una ventana de oportunidad para realizar futuros estudios en animales de mayor edad con lo refieren estudios en calidad de la carne usando en líneas genéticas ibéricas

Veracidad de la comparación de la literatura de cerdos comercial vs cerdos miniatura.

Al realizar la comparación entre los datos en calidad de canal y carne de cerdo publicados y los resultados del presente estudio, se puede apreciar un similitud en las significancias estadísticas, mas no así a los valores absolutos, ya que los animales comerciales son de mayor talla y peso, lo cual nos lleva a concluir que el uso del improvac en sus diferentes protocolos tiene el mismo efecto en diferentes líneas genéticas, es decir, el estudio no se vio influenciado por el uso de animales de talla pequeña.

Índice de cuadros

Cuadro 1. Condiciones medioambientales proporcionadas a los sujetos de estudio.	24
Cuadro 2. Formación de grupos experimentales.	25
Cuadro 3. Formación de grupos experimentales.	25
Cuadro 4. Cronograma de aplicación de Tratamientos.	26
Cuadro 5. Media y desviación estándar del peso (kg) al inicio y final del experimento.	34
Cuadro 6. Características de calidad de la canal de cerdos miniatura.	36
Cuadro 7. Características en calidad de la carne en cerdos miniatura.	38
Cuadro 8. Indicadores de calidad.	43

Índice de figuras

Figura 1. Alojamiento acondicionado para cerdos miniatura.	24
Figura 2. Cortes primarios obtenidos en el estudio.	29
Figura 3. Proceso de medición de pH.	30
Figura 4. Medición de color en carne por el sistema e HunterLab.	30
Figura 5. Proceso de evaluación en pérdida de agua por cocción.	31
Figura 6. Obtención de cilindros para la medición de fuerza de corte.	32
Figura 7. Toma de lectura de fuerza de corte por muestra.	32

Bibliografía

1. AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat National Live Stock, Meat Board. 2015;2.
2. Arnau J, Monfort J.M. El jamón curado: Tecnología y análisis de consumo Simposio especial-44th International Congress of Meat Science and Technology. Barcelona-1 de septiembre de 1998
3. Arnau J. Principales problemas tecnológicos en la elaboración del jamón curado. Eurocarne. 2013; 216, 33.
4. Barton-Gade PA. Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livest. Prod. Sci.* 1987; 16: 187-196.
5. Bendall JR, Swatland HJ. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science.* 1988; 24, 85–126.
6. Benítez-Ortiz W, Sánchez M. D. Aspectos generales de la producción porcina tradicional, *Producción Porcina.* 2010; 2(0), 202.
7. Bertram HC, Straadt IK, Jensen JA, Aaslyng M. D. Relationship between water mobility and distribution and sensory attributes in pork slaughtered at an age between 90 and 180 days. *Meat Science.* 2007; 77, 190–195.
8. BM Editores. Economía; Precios del cerdo en pie en México. *Porcicultura.com*; 2019. <https://www.porcicultura.com/destacado/Precios-del-cerdo-en-pie-en-Mexico>
9. Bobadilla-Soto E, Espinoza A, Martínez F. Dinámica de la producción porcina en México de 1980 a 2008. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2010; 1:251-268.
10. Bonneau M, Dufour R, Chouvet C, Roulet C, Meadus W, Squires EJ. The effects of immunization against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. *Journal Animal Sciences INRA.* 1994.
11. Borah P, Bora JR, Borpuzari RN, Haque A, Bhuyan R, Hazarika S. Effect of age, sex and slaughter weight on productive performance, carcass characteristics and meat quality of crossbred (Hampshire x Assam local) pigs. *Indian Journal of Animal Research* 50. 2016; 601-605.
12. Bruniusa C, Zamaratskaia G, Andersson K, Chenc G, Norrby M, Madej A, Lundströma K. Early immunocastration of male pigs with Improvac® – Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine.* 2011; 29:9514– 9520.
13. Castellanos SGY, Efecto de la inmunocastración temprana con GnRH modificada en cerdos sobre la

- morfología testicular y metabolismo bioquímico, Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México D.F: 2015.
14. CEVA. VALORA, Alternative to surgical castration. CEVA, 2016
 15. Choe JH, Choi MH, Rhee MS, Byoung-Chul K. 'Estimation of sensory pork loin tenderness using Warner-Bratzler shear force and texture profile analysis measurements', *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2016;29(7), 1029–1036. doi: 10.5713/ajas.15.0482.
 16. Code of recommendations for the welfare of livestock: pigs Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2003
 17. Consejo Mexicano de la Carne. Compendio estadístico 2018. Ciudad de México. 2019.
 18. Contreras-Ortiz AJ, "Efecto de la supresión antigénica de la GnRH en una etapa prepuberal temprana sobre el desarrollo del epidídimo de cerdo" (Tesis de maestría), México D.F. UNAM 2016
 19. Córdova-Izquierdo A, Córdova-Jiménez M.S, Córdova-Jiménez C.A, y Guerra Liera J.E. El bienestar animal en la reproducción y producción de credos. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*. 2007; Volumen VIII Número 12B..
 20. Dandg-Nguyen TQ, Tich NK, Nguyen BX, Ozawa M, Kikuchi K, Manabe N, Rarky J, Kani Y, Nagai T. Introduction of various vietnamese indigenous pigs breeds and their conservation by using assisted reproductive techniques. *Journal of Reproduction and Development*. 2010; (56), 1.
 21. De'Angeli AG, De'Angeli J. Gran libro de la cocina mexicana. Larousse. Ciudad de México. 1988.
 22. Deslandes B, Garie C, Houde A. Review of microbiological and biochemical effects of skatole; Elsevier, *Livestock Production Science*. 2001;71 193–200.
 23. Domínguez R, Agregán R, Gonçalves A, Lorenzo JM. 'Effect of fat replacement by olive oil on the physico-chemical properties, fatty acids, cholesterol and tocopherol content of pâté', *Grasas y Aceites*. 2016; 67(2),133. doi: 10.3989/gya.0629152
 24. Dunshea F, R Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long KA, Lopaticki S, Nugent EA, Simons JA, Walker J, Hennessy DP. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J. Anim. Sci*. 2001; 79:2524–2535.
 25. Einarsson S, Brunius C, Wallgren M, Lundström K, Andersson K, Zamastskaia G, Rodriguez-Martinez H. Effects of early vaccination with Improvac® on the development and function of reproductive organs of male pigs. *Anim Rep Sci*. 2011;127:50-5.
 26. Fang SH, Nishimura T, Takahashi K. 'Relationship between development of intramuscular connective tissue and toughness of pork during growth of pigs', *Journal of Animal Science*. 1999;77(1), 120–130. doi: 10.2527/1999.771120

27. FAO. Carne y Productos Cárnicos. FAO-Departamento de Agricultura y Protección al Consumidor. Producción y sanidad animal. Marzo, 2019.<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html#>
28. FIRA. Panorama Agroalimentario; Carne de cerdo 2017. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 2017
29. Flores-Rondón C; Leal-Ramírez M; Rodas-González A; Aranguren-Méndez J; Román- Bravo R; Ruiz-Ramírez J. Effect of Sexual Condition and Slaughter Weight on Pig Carcass Characteristics and Meat Quality. Universidad de los Andes, Mérida – Venezuela. Revista Científica. 2009; XIX (002): 165-166.
30. Font I Furnols M, Gispert M, Oliver MA. Diestre A. El problema del olor sexual en la carne de cerdo. Mundo ganadero, 2001.
31. Font-i-Furnols M, Gispert M, Soler J, Diaz M, Garcia-Regueiro JA, Diaz I, Pearce MC. Effect of vaccination against gonadotrophin-releasing factor on growth performance, carcass, meat and fat quality of male Duroc pigs for dry-cured ham production. Meat Science. 2012;91, 148–154.
32. Gallegos-Lara R, Alarcón-Rojo A, García-Galicia I, Gamboa-Alvarado J, Santellano-Estrada E. Comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne de cerdos inmunocastrados a diferente edad. Interciencia. 2015;40 (8), 554-559.
33. Gispert M, Oliver MA, Velarde A, Suarez P, Pérez J, Font-i-Furnols M. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. Meat Science. 2010;85, 664–670.
34. Gómez CSK. Efecto sobre el tipo de músculo sobre parámetros de perfil de color en carne de cerdo. Tesis, licenciatura. Facultad de estudios superioris Cuahutitlan. UNAM. México. 2017.
35. González VF. La Cocina Mexicana a través de los Siglos, Tomo II Época prehispánica, Editorial Clío, México, 1996.
36. Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA). Panorama del Mercado nacional e internacional de productos cárnicos. Cumbre de la industrial alimentaria, TIF 2017. Ciudad de México. 2017.
37. Hawkes J. Historia de la humanidad. UNESCO. Ed, Planeta. 1979; 1:33-291.
38. Kangawa A, Otake M, Enya S, Yoshida T, Kangawa Y, Shibata M. Spermatogenesis in the Microminipig, Toxicologic Pathology. 2016;44(7), pp. 974–986.
39. Kjaernes U, Miele M, Roex J. Attitudes of Consumers, Retailers and Producers to Farm Animal Welfare. Welfare Quality Reports. 2007; 2.
40. Kjøernes U, Miele M. Roex J. Attitudes of Consumers, Retailers and Producers to Farm Animal Welfare. Welfare Quality Report 2. Cardiff: Cardiff University. 2007.

41. Latorre MA, Medel P, Fuentetaja A, Lázaro R, Mateos GG. Effect of sex, terminal sire and age at slaughter on performance, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. *Anim. Sci.* 2003; 77:33-45.
42. Lealiifano AK, Pluske JR, Nicholls RR, Dunshea FR, Campbell RG, Hennessy DP, Miller DW, Hansen CF, Mullan BP. Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. Rivalea Australia Pty Ltd. 2011.
43. Lindahl G. Colour characteristics of fresh pork. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Department of food Sciences Uppsala. 2005.
44. López BC, Fructuoso G, Mateos GG. Sistemas de producción porcina y calidad de la carne. el cerdo ibérico. XVI Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. España. 2000.
45. Mainau E, Tample D, Manteca X. Efecto de la castración en el bienestar del ganado porcino. Farm Animal Welfare Education Center. 2013; (5).
46. Marabelli R. The role of official Veterinary Services in dealing with new social challenges: animal health and protection, food safety, and environment. *Rev. Sci tech. OFF. Int. Epiz.* 2003;22(2),363-371.
47. Mariezcurrena-Berasain MA, Pinzón-Martínez DL, Bernal-Martínez LR; Gutiérrez-Ibáñez AT; Velázquez-Garduño G; Domínguez-Vara IA, Mariezcurrena-Berasain MD. Physicochemical Characteristics that influence the meat pork quality in Supermarkets in the Central Highlands of Mexico. *Life Science Journal*, 2014;11(12).
48. Martínez-Macipe M, Rodríguez P, Izquierdo M, Gispert M, Manteca X, Mainau E, Hernández FI. 'Comparison of meat quality parameters in surgical castrated versus vaccinated against gonadotrophin-releasing factor male and female Iberian pigs reared in free-ranging conditions', *Meat Science*. Elsevier Ltd. 2016;111, 116–121. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.09.002.
49. Marx G, Horn T, Thielebein J, Knubel B and von Borell E. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration*. 2003;266: 687-698.
50. Maza AL, Simanca SJ, Narváez DO, Almentero SC, Vergara GO. Edad a la castración y su efecto sobre el desempeño productivo de cerdos cruzados en fase de ceba. *Rev. U.D.C.A. Act. & Div.* 2017;20(1): 215-219.
51. Medel P, Fuentetaja A. Efecto del perfil genético, del sexo, del peso al sacrificio y de la

- alimentación sobre la productividad y la calidad de la canal y de la carne de cerdos grasos. XVI Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. España, 2000.
52. Mendez R; Becerril M; Rubio M. Características de la canal del cerdo pelón mexicano, procedente de Mizantla, Veracruz, Mexico. *Veterinaria México*. 2002;33(1): 27-37.
53. Migdal W, Zivkovic B, Migdal L. Piglet castration. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2009;25: 839-847.
54. Miguelañez R. Jamones Segovia repera la raza porcina Mangalica. *Mundo ganadero*. 2000.
55. Muriel E, Ruiz J, Ventanas J, Petró MJ, Antequera T. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Sci*. 2004;67:299–307.
56. Murphy KJ, Thomsom RL, Coates AM, Buckley JD, Howe PR. Effects of eating fresh lean pork on cardiometabolic health parameters', *Nutrients*. 2012;4(7), 711–723 doi: 10.3390/nu4070711.
57. Nolan-Clark DJ, Neale EP, Charlton KE. 'Health benefits of pork consumption in the diets of Australian children', Co-operative Research Centre for High Integrity Australian Pork. 2012; 1–64.
58. NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne. México 1994.
59. NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte e a los animals domésticos y silvestres. México. 2014.
60. NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. México. 2001.
61. OCDE-FAO. Resumen de productos básicos. Carne. *Perspectivas Agrícolas 2017-2026*. OECD Publishig, París 2017. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-es
62. Offer G, Knight P. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing, in *Developments in meat science* Elsevier Applied Science, London. 1988;4 : 63-171.
63. Orno BC. Mejora de la calidad de carne en porcino. Estudio del locus PCK1 como marcador de engrasamiento y de la composición de grasa en porcino: Tesis, Licenciatura. ETSEA-Universitat de Lleida. 2016.
64. País de Quercus. *Barbacoa Gourmet*. Guía práctica de asado y corte de carnes de la Dehesa. España. 2018.
65. Patience J. Thacker P. *swine nutrition guide*. First published. Canada Pririe Swine. 1989;206.
66. Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Ampuero Kragten S, Bee G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac)

- and entire males pigs and individually penned entire male pigs. *Animal*. 2009;3(7) 1057–1066.
67. Pérez LO. Proyecto de inversión para el establecimiento de una granja engordadora de cerdos en el municipio de Teocelo. Tesina Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Contaduría y Administración. Veracruz, México. 2010.
68. Prieto-Gómez B, Velázquez-Paniagua M. Fisiología de la Reproducción: hormona liberadora de gonadotrofinas. *Rev Fac Med UNAM* 2002; 45: 252-7.
69. Prunier A, Bonneau M, Von Borell E, Cinotti S, Gunn M, Fredriksen B, Giersing M, Morton D, Tuytens F, Velarde A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *ANIMAL WELFARE-POTTERS BAR THEN WHEATHAMPSTEAD*. 2006;15, 277.
70. Quiles A. Castración de lechones: ventajas e inconvenientes. *Cría y Salud porcina*. 2009.
71. Ray FK. Pork carcass evaluation and procedures. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University. 2004.
72. Río MJL. El cerdo. Historia de un elemento esencial de la cultura castellana en la conquista y colonización de América (siglo XVI). *Anuario de estudios americanos*. 1996;53(1), 13-35.
73. Rojas OJ. El mercado del jamón curado en Estados Unidos. Oficina Económica y Comercial de la embajada de España en Nueva York. 2012.
74. Romero, R. Desempeño productivo en campo, calidad y características sensoriales de la carne de verracos y cerdos castrados. Tesis de Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 200; 5-12.
75. Rubio LMS, Braña VD, Méndez MRD, Delgado SE. Composición de la Carne Mexicana. SAGARPA. Ciudad de México. 2013.
76. Salas GC. Características, distribución y perspectiva del cerdo criollo en América latina. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, División de Ciencia Animal. Departamento de Producción Animal. 2012.
77. Sañudo AC. Atlas mundial de etnología zootécnica. S.L: SERVET DISEÑO Y COMUNICACIÓN. 2011.
78. SENASICA. Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas. SAGARPA. 2004.
79. Sierra VAC. Rescate y conservación del cerdo pelón mexicano. México. 2005.
80. Škrlep M, Segula B, Prevolnik M, Kirbis A, Fazarinc G, Candek-Potokar M. Effect of immunocastration (Improvac) in fattening pigs II: Carcass traits and meat quality. *Slov. Vet. Res.* 2010. 47:65–72.
81. Taylor AA, Weary DM, Lessard M, Braithwaite LA. Behavioural responses of piglets to castration:

- the effect of pig age. *Appl Anim Behav Sci.* 2001;73: 35-45.
82. Trujillo OME, Daniel MR, Robles BM, Contreras OAJ, Espinoza HS, Gutiérrez PO, Hernández TE, Nava NJ, Martínez GR, Sánchez HM, Castellanos SGY, Viguera VRM, Rojas CJC, Martínez RR. *El Verraco*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1° edición; 2017.
83. Turkstra JA, Zeng XY, Van Diepen JT, Jongbloed AW, Oonk HB, Van de Wiel DFM, Meloen RH. Performance of male pigs immunized against GnRH is related to the time of on- set of biological response. *J. Anim. Sci.* 2002; 80:2953–2959.
84. Uzcanga M. *El mercado para la alimentación gourmet en alemania*. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Dusseldorf. Alemania. 2014.
85. Valenzuela A, Morgado N. Las grasas y aceites en la nutrición humana: Algo de su historia. *Rev Chil Nutr.* Agosto 2005; 32 (2).
86. Valero GT, Pozo CS, Ávila TJM, Varela MG. *Guía nutricional de la carne*. FEDECARNE-FEN. Madrid, España. 2012.
87. Van Den Broeke A, Leen F, Aluwé M, Ampe B, Van Meensel J, Millet S. The effect of GnRH vaccination on performance, carcass, and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows, and gilts. *J. Anim. Sci.* 2016; 94:2811-2820.
88. Vela GA. Efecto de la inmuno-castración y castración quirúrgica en los parámetros productivos de cerdos. Tesis para Ingeniero Zootecnista. Escuela superior politécnica de Chimborazo, facultad de ciencias pecuarias, escuela de ingeniería zootécnica. 2012.
89. Velarde A, Fábrega E, Blanco-Penedo I, Dalmay A. 'Animal welfare towards sustainability in pork meat production', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 2015. 109, pp. 13–17. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.05.010.
90. Verdezoto CMA. "Desempeño productivo en campo, calidad y características sensoriales de la carne de cerdos castrados o inmunocastrados", Carrera de Ciencia y producción agropecuaria, Zamorano, Honduras. Diciembre, 2009.
91. Verti S. *Esplendor y grandeza de la cocina Mexicana*. Editorial Diana. México. 1994.
92. Wheeler, TL, Shackelford SD, Koohmaraie. M. Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data. *Proc. Recip. MeatConf.* 1997; 50:68-77.
93. Xue J, Dial GD, Pettigrew JE. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrows: a literature review. *Journal of Swine Health and Production.* 1997;5:21–28.
94. Zoetis. *Manual técnico para uso del Médico Veterinario*. Zoetis. 2009.

