

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**



**Los principales factores de inmunocastración en cerdos durante la época de  
crecimiento**

**POR**

**Yael Clarisa Sandoval Cortés**

**MONOGRAFÍA**

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**Abril de 2023**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

Los principales factores de inmunocastración en cerdos durante la época de  
crecimiento

MONOGRAFIA

Presentada por

Yael Clarisa Sandoval Cortés

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

M.C. Laura Maricela Lara López

M.C. Marcos Juan Luna Reyes

Presidente

Dr. José Antonio Hernández  
Herrera

Vocal

M.C. Juan López Trujillo

Vocal

M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División Ciencia Animal  
COORDINACIÓN DE CIENCIA  
ANIMAL



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO.

SALTILLO, COAHUILA, MEXICO, abril de 2023.

### DECLARO QUE:

El trabajo de monografía titulado "Los principales Factores de Inmunocastración en cerdos durante la época de crecimiento" esta es una producción personal de recopilación e interpretación de literatura e ilustraciones sustentada en diferentes autores de tesis, artículos, libros y sitios web (versión digital e impresa), citando a los respectivos autores en cada idea.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar, quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo, ni a un nuevo envío.

ATENTAMENTE.



---

Yael Clarisa Sandoval Cortés.

## AGRADECIMIENTO

Principalmente quiero agradecer a **DIOS**, por guiar en cada uno de mis pasos hacia el camino correcto, por ser mi fortaleza y confidente en los momentos de debilidad, por ponerme cada una de sus pruebas, pero nunca abandonarme y por permitirme llegar hasta este día.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por recibirme con las puertas abiertas, acogerme lleno de ilusiones siendo mi segundo hogar, permitir formarme profesionalmente en cada una de sus aulas siempre lleno de alegrías y anhelos.

A **Mis padres, Hermanos y Familia** por estar siempre pendientes de mí, por darme la mano en todo momento y porque a pesar de la distancia estar siempre presentes con un mensaje de apoyo, por ser mi guía y motivación en este sueño.

A la **M.C Camelia Cruz Rodríguez** por ser parte fundamental de mi formación profesional, por ser un ejemplo de amor hacia esta carrera y principalmente a la nutrición, por forjarme carácter, compromiso y lealtad.

A la **M.C Laura Maricela Lara López** por darme la oportunidad de estar dentro de este trabajo, por su exigencia, regaños y por siempre estar pendiente de mí desde prácticas profesionales.

A todos los **Doctores, Maestros e Ingenieros** que forman parte de los diferentes departamentos de Zootecnia, por ser parte fundamental de mi formación

profesional, dejar una gran huella de conocimiento en mí y por todos los malos y buenos momentos compartidos en las aulas y en cada una de las prácticas.

A **Mis amigos** del pino y equipo charro, **Diego López, Magaly Campa, Antonio López, Ivette Galván, Jaziel Ovilla, Griselda Ducoing, Carlos Padrón, Ivanna Valenzuela, Raúl Valdez, Benjamín López, Jesús Roberto Pérez y Rutilio Torres**, y también a Mis amigos de generación **Brayan Velasco, Emmanuel Hernández, Magdiel Gómez, Mariana Quiroz y Aldo Alexis Díaz** por todas las aventuras y momentos que llevare siempre en mi memoria y corazón, por su compañía, consejos y por ser mi gran familia Buitre.

A **Mis compañeros de casa** de quienes me llevo guardados muchos recuerdos felices de cada regreso a casa, de cada fiesta y fin de semana, **Nashielly Ramírez, Beatriz Santiago, Salma Galván, Antonio López, Krus Tejeda, José Manuel Solís**, gracias por ser mi segundo hogar y mi compañía. A **Julián Martínez** por ser la persona que me ayudó a crear una gran confianza y seguridad en la mujer que soy hoy y por todos los momentos felices.

A **Mis amigas**, porque siempre tuvieron un mensaje de aliento, por cada uno de sus consejos y apoyo a la distancia, **Mayte Ávila y Alejandra Medina**.

## **DEDICATORÍAS**

**A mis padres.**

**Bernabé Sandoval Demesa y Teresa Cortés Casales.**

Con mucho amor y respeto les dedico esta monografía como prueba de todo su esfuerzo y apoyo, les entrego aquí la prueba del buen trabajo que hicieron como padres.

Estoy infinitamente agradecida por darme la oportunidad y la libertad para luchar cada día por esta carrera que se ha convirtió en mi mayor meta. Gracias por cada uno de sus consejos que fueron mi refuerzo en la escuela y lo serán para el resto de mi vida, por siempre encomendarme con oraciones a dios y por darme su confianza desde el momento que me aleje de casa.

Hoy les entrego este trabajo como una pequeña muestra de todo lo que ustedes han hecho por mí, pidiéndole a Dios que les dé más años de vida y a mí las herramientas para poder regresar todo su esfuerzo multiplicado.

Gracias a ustedes y a Dios hoy puedo decir que ya soy Ingeniero.

**A mis Hermanos.**

**Aarón Sandoval Cortés y Abner Sandoval Cortés.**

Dedico mi trabajo a ustedes con mucho amor, son un pilar muy importante en mi vida, agradezco a Dios por tenerlos.

Ambos son mi mayor ejemplo a seguir, Aarón gracias por enseñarme el amor por los animales y Abner por enseñarme el amor y la dedicación por él estudió, gracias a ambos sostenerme siempre de las manos y tener un consejo y regaños para mí.

Que dios nos preste vida para seguir juntos y unidos y para poder regresarles un poco de lo mucho que ustedes contribuyeron como apoyo en mi formación.

**A mi gran amiga.**

**Salma Ivette Galván Martínez.**

Te dedico esto como agradecimiento por todo el apoyo incondicional que recibí de ti, por ser como una hermana, por estar en cada uno de los momentos que nuestra ALMA TERRA MATER dejó marcados en nuestra vida.

*“Con mucho amor, Clarisa.”*

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORÍAS .....	vi
RESUMEN .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Situación actual de la producción porcina en México .....	4
2.2. La importancia de la producción en México .....	6
2.3. Producción actual del cerdo por entidad .....	7
2.4. Anatomía del aparato reproductor del cerdo.....	8
2.5. Razas más comunes que domina para la engorda y pie de cría .....	18
2.6. Antecedentes de la inmunocastración de cerdos en México.....	21
2.7. La inmunocastración .....	22
2.8. Tiempo de la inmunocastración .....	24
2.9. Característica de la edad del cerdo durante la prueba inmunocastración.....	27
2.10. Manejo de la limpieza en granja de cerdos.....	33
III. CONCLUSIÓN.....	35
IV. LITERATURA CITADA.....	36



## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>figura 1.</b> Producción de carne de cerdo por estado (miles de tm) de 2014 a 2016. fuente: servicio de información agroalimentaria y pesquera, siap .....	8
<b>Figura 2.</b> Sistema reproductor del macho porcino. fuente:3tres3 .....	10
<b>Figura 3.</b> Tracto reproductivo del verraco. fuente: manejo de las enfermedades porcinas-el sitio porcino.....	11
<b>Figura 4.</b> Túbulo seminífero. fuente: magapor.....	14
<b>Figura 5.</b> Ubicación de glándulas. fuente:3tres3 .....	17
<b>Figura 6.</b> Raza landrace. fuente: grupo isa .....	19
<b>Figura 7.</b> Raza yorkshire. fuente: danbred .....	20
<b>Figura 8.</b> Raza duroc. fuente: directo al paladar.....	20
<b>Figura 9.</b> Raza hampshire. fuente: agro región .....	21
<b>Figura 10.</b> Inmunocastración. fuente: revista colombiana de ciencias pecuarias.	30

## RESUMEN

La inmunocastración de cerdos es una técnica ampliamente utilizada en la industria porcina que ofrece beneficios en términos de bienestar animal y calidad de la carne. El objetivo fue revisar la literatura que se enfoca en los factores que influyen en la inmunocastración de cerdos como estrategia de mejorar productiva en las granjas. Se ha identificado que la edad y peso del cerdo al momento de la vacunación, la técnica de aplicación de la vacuna y la dosificación adecuada son factores cruciales para lograr una eficaz inmunocastración y reducir la aparición de efectos secundarios no deseados. Además, se destaca la importancia de la limpieza y desinfección adecuada de las instalaciones y equipos utilizados en la producción porcina para prevenir enfermedades y garantizar una correcta aplicación de la técnica. En general, se concluye que la inmunocastración es una estrategia prometedora para mejorar la productividad en las granjas porcinas siempre y cuando se realice de manera adecuada y se preste atención a los factores clave que influyen en su eficacia. Aunque la inmunocastración puede ser una alternativa a la castración quirúrgica, se debe tener en cuenta que puede haber variaciones en los resultados dependiendo de la raza y condiciones específicas de cada granja. Es importante continuar investigando y perfeccionando esta técnica para garantizar su eficacia y beneficios en la producción porcina.

**Palabras claves:** verraco, glándulas, cirugía, hormonas, granjas porcina.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la crianza semiintensiva de lechones desempeña un papel fundamental en la producción de carne de cerdo a nivel regional y nacional. La crianza adecuada de los lechones permite alcanzar la etapa de engorde en un tiempo determinado, lo que contribuye a satisfacer la creciente demanda de carne de cerdo. De hecho, en algunas comunidades, los cerdos se encuentran presentes en hasta un 70% de los hogares (Rodríguez et al., 2007). La cría de porcinos locales tiene como objetivo principal la engorda para su posterior comercialización en momentos de necesidad económica, lo que a su vez reduce los riesgos y aumenta la sostenibilidad económica de las familias.

Durante la última década, la producción nacional de carne de cerdo ha experimentado un constante aumento, especialmente a partir del año 2011. Asimismo, se espera que esta tendencia alcista se mantenga en los próximos años. En el año 2017, la producción de carne de canal alcanzó la cifra de 1.4 millones de toneladas, lo que representa un crecimiento promedio anual del 2.3% durante el periodo comprendido entre 2007 y 2017. De acuerdo con el CEDRSSA (2018), se prevé que la producción nacional supere las 1.5 millones de toneladas durante el 2018.

La castración consiste en la extirpación de los testículos en los machos (Scarborough, 1965). Lamentablemente, se estima que en el mundo se castran de forma quirúrgica alrededor de 600 millones de lechones, de los cuales 4.5 millones mueren debido a complicaciones derivadas del procedimiento. En México, por ejemplo, se castran aproximadamente 20 millones de lechones al año. Desafortunadamente, en la mayoría de las granjas porcinas, los lechones son castrados sin el uso de analgesia o anestesia (Vela Girón, 2012).

La castración quirúrgica de lechones machos es una práctica común para evitar la contaminación de la carne de cerdo. Sin embargo, este procedimiento no solo tiene un impacto negativo en la salud y el bienestar animal, sino que también puede generar problemas de productividad. Por esta razón, se ha propuesto su prohibición en la Unión Europea a partir del 2018 (Zamaratskaia et al., 2008; Briyne et al., 2016). Para lograr la eliminación de esta práctica, se necesitan métodos alternativos que minimicen el riesgo de contaminación de la carne de cerdo. Estos métodos deben ser respetuosos con los animales, económicamente eficientes y producir carne de alta calidad y productos nutritivos.

Entre las alternativas disponibles a la castración quirúrgica se encuentra la inmunocastración, que consiste en una inmunización activa contra la hormona liberadora de gonadotropinas. De esta forma, la inmunización activa contra la GnRH se ha presentado como una alternativa amigable con los animales a la castración quirúrgica (Briyne et al., 2016). Una revisión de literatura realizada por Batorek et al. (2012) ha demostrado la efectividad de la inmunocastración en la eliminación de androsterona y eskatole en verracos. Es importante señalar que la prevención de la acumulación de androsterona en el tejido adiposo mediante la inmunocastración se logra principalmente deteniendo la biosíntesis de androsterona testicular (Batorek et al., 2012).

## **OBJETIVO GENERAL**

Revisar la literatura que se enfoca en los factores que influyen en la inmunocastración de cerdos como estrategia de mejorar productiva en las granjas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Situación actual de la producción porcina en México

La producción de carne de cerdo en México experimentó un aumento del 2% en el primer bimestre de 2022 en comparación con el mismo período del año anterior, al pasar de 270,664 toneladas a 275,742 toneladas, según informó el Gobierno de México en un comunicado. Este aumento de más de 5,000 toneladas se atribuye a diversas acciones implementadas por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), entre otros factores (Staff, 2022)

Actualmente, el subsector porcícola de México enfrenta una situación desafiante debido a varias variables que afectan su producción. Durante el primer trimestre de este año, las importaciones de carne de cerdo provenientes de los Estados Unidos de América se incrementaron en un 10% en comparación con el mismo periodo del año 2019, llegando a las 195,351 toneladas métricas. Esto ha generado una competencia directa con la carne porcina producida localmente, lo que representa un gran reto la actividad pecuaria.

La porcicultura de México enfrenta una situación compleja debido a varias variables que generan un escenario desafiante para el subsector pecuario nacional. Durante el primer trimestre del año, las importaciones de carne de cerdo de los Estados Unidos aumentaron un 10% en comparación con el mismo periodo de 2019, lo que ha afectado el mercado de la carne porcina producida localmente. Además, a mediados de marzo, el peso mexicano se devaluó un 28% frente al dólar, lo que provocó un aumento del 30% en los insumos utilizados en la porcicultura, especialmente en el precio del maíz y la harina de soja, materias primas importadas de Norteamérica para la alimentación animal. A esto se suma la celebración de la cuaresma y la contingencia generada por la COVID-19 en febrero y marzo, lo que

ha resultado en una reducción del 40% en el consumo de carne de cerdo entre la población.

La situación se agravó debido a la actuación de intermediarios que ejercieron una presión a la baja en el precio de los animales a nivel de granja, generando abusos en el mercado. Es importante mencionar que gran parte de los cerdos producidos en México se comercializan vivos directamente en la granja, y en algunas regiones del país, el precio que ofrecieron por ellos disminuyó hasta llegar a \$18 pesos por kilo (\$0.76 USD), lo cual es significativamente inferior al costo real de producción que oscila entre \$25 y \$28 pesos por kilo (\$1.05 y \$1.18 USD), dependiendo de la eficiencia, tecnificación y aplicación de economías de escala.

La brecha entre los precios de venta en granja y los precios al consumidor final es una de las principales preocupaciones en el subsector porcino de México. Esta situación se agrava aún más por la presión a la baja en los precios de los animales y el aumento en los costos de producción debido a la devaluación del peso y al aumento en los precios de los insumos importados. Si estas condiciones se mantienen sin cambios, se espera que la pérdida en el subsector alcance los 15 mil millones de pesos, lo que equivale a más de 650 millones de dólares. Además, se espera que las pérdidas indirectas y la afectación en la mano de obra también tengan un impacto significativo. A pesar de la caída de los precios en granja, los comercializadores no transfieren esta diferencia al consumidor final, lo que significa que el precio de venta al público se sitúa alrededor de \$80 pesos/kg (\$3.38 US dls), lo que representa una carga adicional para los consumidores.

Los productores están haciendo un gran esfuerzo para garantizar la estabilidad laboral de las personas que trabajan en las granjas, ya que la producción porcina es considerada una actividad esencial. Por lo tanto, la mano de obra directa sigue laborando normalmente en las explotaciones porcinas y continúan percibiendo el 100% de su salario y beneficios adicionales. Esto se debe a que las empresas de producción porcina no pueden detener sus ciclos productivos debido a la naturaleza de su actividad.

En México, los porcicultores de todos los tamaños están haciendo esfuerzos incansables para superar la crisis actual, donde esperan poder tener mejores condiciones comerciales en el futuro, pero en el presente, algunos incluso están poniendo en riesgo su patrimonio personal para mantener a flote sus negocios. A pesar de esto, siguen confiando en la futura evolución económica de la industria porcina y en que sus pérdidas serán compensadas. Su principal objetivo es seguir produciendo cerdos, lo que mejor saben hacer (Espinoza, 2020).

## **2.2. La importancia de la producción en México**

La porcicultura en México ha experimentado un notable crecimiento en términos de empleo y producción durante las últimas décadas. En 1999, se estimaba que generaba alrededor de 56,000 empleos directos y 280,000 indirectos, mientras que en el 2009, se estimaba que generaba alrededor de 350,000 empleos directos y 1.7 millones de empleos indirectos. Además, durante el periodo comprendido entre 2001 y 2010, el ingreso real de la producción pecuaria en México creció un 23.66%, y la carne de porcino experimentó un crecimiento del 10.79% gracias al aumento en la producción y a una mejora en los precios del mercado (Rebollar et al., 2016).

En el año 2006, México se situó en el decimoquinto lugar entre los productores de carne de cerdo a nivel mundial. Sin embargo, en 2009 ascendió a los primeros diez puestos, contribuyendo con cerca del 21% de la producción total de carnes del país (un 3% menos que a principios de la década). En otras palabras, los niveles de producción disminuyeron de 2006 a 2008. A finales de 2010, el consumo aparente de carne de cerdo en México superó las 1.9 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 8.3% en comparación con 2008. Durante el período de 2000 a 2009, el consumo aumentó a una tasa promedio anual del 3.4%.



Durante el periodo 2011-2012, el precio promedio ponderado de la carne de cerdo en canal tuvo un comportamiento dispar en las distintas regiones de México. Mientras que en el Noroeste y Noreste del país no hubo cambios significativos, en la Península de Yucatán se registró un incremento del 1.9%, en las regiones del Norte un 5.9% y en la del Centro-Este un 3.5%. En el año 2012, se alcanzó un aumento del 37.5%. En 2016, los precios promedio al productor crecieron un 0.8% en comparación con el año anterior, y en febrero de 2017, el precio del ganado vivo pagado al productor alcanzó su nivel máximo, situándose en 26.95 pesos por kilogramo, lo que representó un aumento anual del 14.4% (FIRA, 2017).

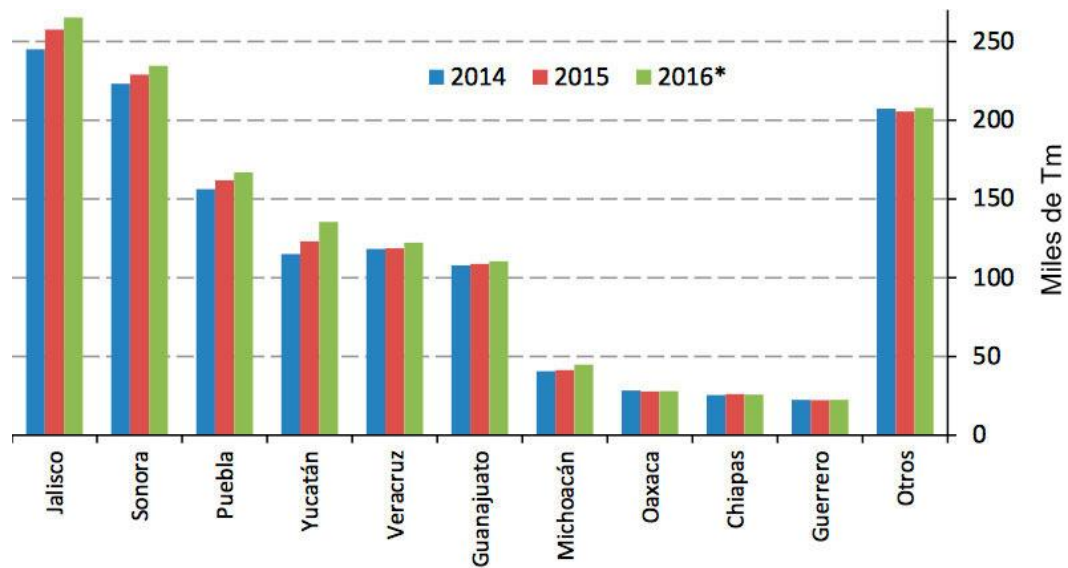
### **2.3. Producción actual del cerdo por entidad**

La porcicultura en México se ha enfrentado a una fuerte competencia con los mercados externos, tanto en importaciones como en exportaciones de carne, lo que ha obligado a los poricultores a enfrentar los precios internacionales y ser tecnológicamente eficientes para ser rentables y competir con otros productores a nivel mundial. Los estados de Jalisco, Sonora, Puebla, Guanajuato, Yucatán y Veracruz son los principales productores de carne de cerdo en canal en México, y en conjunto representaron alrededor del 76.5% de la producción nacional en 2016.

La concentración en la producción porcina es cada vez más evidente en México, donde dos entidades (Sonora y Jalisco) concentran alrededor del 40% de la producción nacional. El resto del 57.3% de la producción se divide entre cinco entidades más. Es importante señalar la división entre las dos principales entidades productoras: Sonora muestra una clara orientación hacia los procesos de exportación, mientras que Jalisco se enfoca en el abasto nacional.

Durante el año 2015, Jalisco produjo el 19.5% del total nacional, mientras que Sonora contribuyó con el 17.3%, Puebla con el 12.2%, Yucatán con el 9.3%, y Veracruz con el 9% de la producción de carne en México. Para el año 2016, estas siete principales entidades productoras de carne experimentaron un crecimiento,

con un aumento destacable del 10% en la producción de Yucatán. En contraste, la producción agregada de Oaxaca, Chiapas y Guerrero aumentó sólo un 0.2% anual. Se observa que en los estados donde los productores están tecnológicamente avanzados, la producción no solo se mantiene, sino que muestra un crecimiento, mientras que en aquellos donde los productores son principalmente pequeños y medianos, se observan deficiencias en los volúmenes de producción (FIRA, 2016; FIRA, 2017). En ese mismo año, seis entidades contribuyeron con el 77.1% de la producción nacional de carne de cerdo: Jalisco (21.4%), Sonora (19.3%), Puebla (10.7%), Yucatán (9.2%), Veracruz (8.9%) y Guanajuato (7.7%).



**Figura 1** Producción de carne de cerdo por estado (miles de Tm) de 2014 a 2016.  
Fuente: Servicio de información agroalimentaria y pesquera, SIAP

## 2.4. Anatomía del aparato reproductor del cerdo

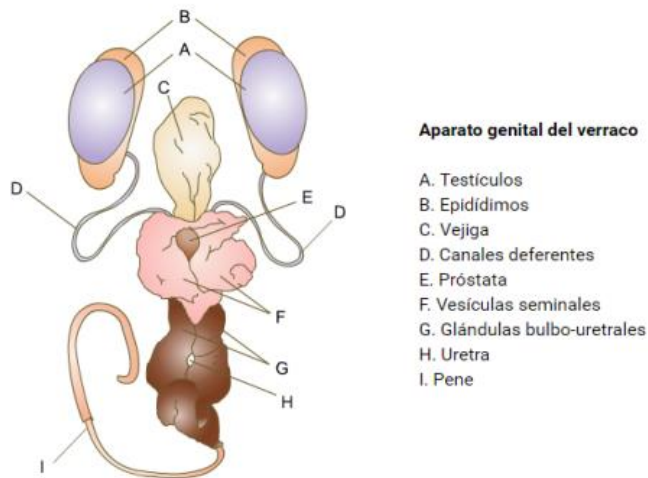
El sistema reproductivo del verraco es esencial en la producción porcina, ya que es responsable de la formación, maduración, transporte y transmisión de las células germinales masculinas, los espermatozoides. La selección adecuada de los

cerdos destinados a la reproducción es clave para obtener un resultado económico óptimo y un producto final de calidad en términos de las crías producidas. (Grijalva, 2011).

El aparato reproductor masculino es un sistema complejo que consta de varios componentes clave:

- Los testículos, donde se produce la espermatogénesis (la producción de espermatozoides).
- El epidídimo, donde los espermatozoides completan su desarrollo y adquieren su capacidad fecundante.
- Los conductos deferentes, que se unen a la uretra y permiten el transporte de los espermatozoides hacia el exterior.
- Las glándulas accesorias, como la próstata, vesículas seminales, glándulas bulbouretrales y otras menores, que secretan fluidos que se unen a los espermatozoides para formar el semen eyaculado.

Los testículos, ubicados en el escroto, se encuentran fuera del cuerpo y a una temperatura entre 3 y 5 °C por debajo de la temperatura corporal. Esta posición es común en numerosos mamíferos y demuestra la gran sensibilidad de este órgano a la temperatura. El sistema reproductor masculino se compone de dos partes: una interna y una externa. La parte externa incluye el pene y el escroto, donde se alojan los testículos. La parte interna se compone de la próstata, las vesículas seminales, los conductos deferentes, el epidídimo y las glándulas de Cowper, entre otros órganos (Parrado y Pardo et al., 2007).



**Figura 2. Sistema reproductor del macho porcino. Fuente:3TRES3**

### 2.4.1. Órgano reproductivo del cerdo

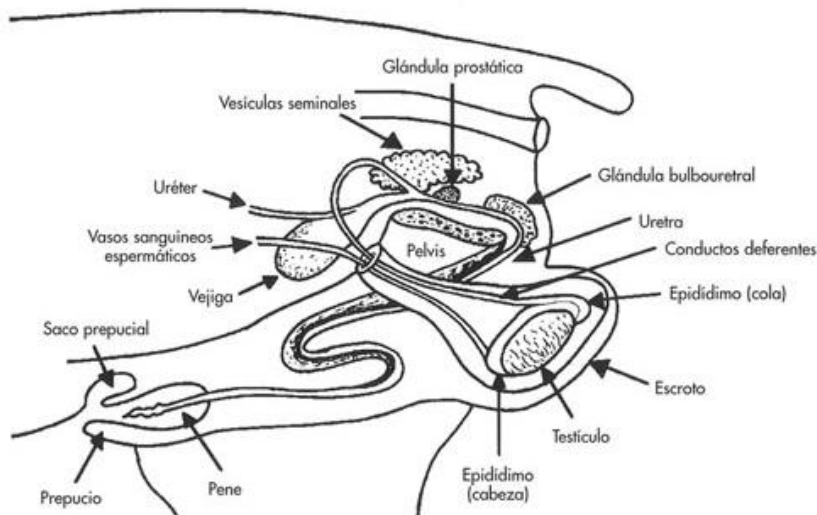
El sistema reproductivo masculino está compuesto por los testículos, que se encuentran sostenidos verticalmente por la cola del epidídimo en el polo superior. El epidídimo es el lugar donde los espermatozoides maduros se almacenan y se mantienen hasta la eyaculación. Desde cada testículo, un tubo llamado conducto deferente conduce los espermatozoides hacia el abdomen a través del canal inguinal, que puede presentar una hernia inguinal si se agranda. Luego, los espermatozoides ingresan al cuello de la vejiga y continúan a través de la ingle hacia abajo hasta el pene, donde salen al exterior a través de la uretra. Por lo tanto, la uretra es responsable de transportar tanto la orina como los espermatozoides desde el cuello de la vejiga hasta la punta del pene.

En el sistema reproductivo masculino, se encuentran tres glándulas importantes: las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales. Las vesículas seminales producen una gran parte del volumen del eyaculado (aproximadamente 300 ml) y fructosa, que es un nutriente importante para los espermatozoides. La próstata, por otro lado, produce otros nutrientes necesarios

para los espermatozoides. Finalmente, las glándulas bulbouretrales producen una gelatina que a menudo se ve al final de la cópula.

El pene es un órgano largo y rígido, que tiene una forma sigmoide o de "S" en su parte media y se enrolla en espiral en sentido anti horario en la punta. La longitud del pene varía entre 300-500 mm.

El saco prepucial contiene un líquido altamente oloroso que contiene feromonas y una elevada cantidad de bacterias



**Figura 3. Tracto reproductivo del verraco. Fuente: Manejo de las enfermedades porcinas-el sitio porcino.**

#### **2.4.2. Gónada sexual masculina**

Los testículos son las gónadas masculinas y tienen dos funciones principales: la función citogénica, que se encarga de producir espermatozoides, y la función endocrina, que produce hormonas sexuales masculinas. El escroto, por su parte, cumple una doble función de protección y termorregulación. Para ello, cuenta con la túnica dartos, un tejido fibroelástico que se encuentra debajo de la capa cutánea y que está compuesto por fibras musculares capaces de contraerse y acercar o

alejar los testículos a la pared abdominal y al plexo pampiniforme, permitiendo el intercambio térmico necesario para mantener una temperatura de 32-34°C, esencial para la espermatogénesis y la maduración espermática en el epidídimo. Por tanto, es importante asegurar la adecuada temperatura dentro de la bolsa escrotal para evitar posibles problemas en estos procesos (Magapor, 2020).

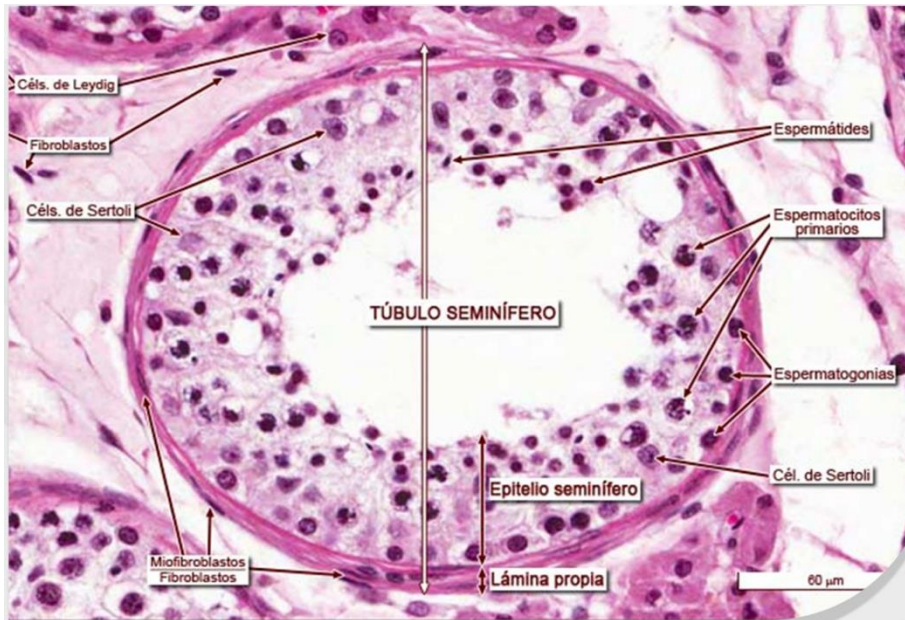
### **2.4.3. Sistema de conducción túbulos seminíferos**

Los testículos están formados por túbulos seminíferos, que constituyen la unidad productora de espermatozoides y se organizan en lóbulos. El epitelio seminífero recubre los túbulos y es el lugar donde se forman las células espermáticas. Este epitelio está compuesto principalmente por

- Las células de Sertoli desempeñan un papel crucial en el desarrollo testicular, ya que nutren y protegen a las células germinales. Durante el desarrollo fetal, estas células son responsables de la diferenciación sexual y, más adelante, de la espermatogénesis. Su proliferación ocurre en dos oleadas: la primera durante el primer mes de vida y la segunda entre el tercer y cuarto mes. La FSH producida en la hipófisis tiene un efecto directo en la maduración de estas células. Antes de la pubertad, las células de Sertoli dejan de dividirse (lo que está regulado por la hormona tiroidea T3) y su número determina la producción espermática futura. Sin el soporte estructural y metabólico que proporcionan estas células, las células germinales no podrían realizar la espermatogénesis. Por esta razón, es crucial medir el tamaño testicular en la etapa pre-púber para seleccionar verracos para producción
- Las células de Leydig, también conocidas como esteroideogénicas, tienen la habilidad de sintetizar y secretar esteroides, enzimas y péptidos. Su función está principalmente controlada por la hormona

luteinizante (LH), aunque la hormona folículo estimulante (FSH) también regula su funcionamiento. Estas células se ubican en el intersticio alrededor de los vasos sanguíneos, lo que facilita la liberación de sus hormonas a la circulación. Son responsables de dar soporte y de producir testosterona, a diferencia de las células de Sertoli. La capacidad de producción de testosterona está relacionada con la cantidad de retículo endoplásmico liso presente en estas células. Además, son responsables de la diferenciación sexual, el crecimiento testicular, la aparición de los caracteres sexuales masculinos secundarios y las estructuras andrógeno-dependientes, así como de la espermatogénesis en los verracos

- Las células germinales son de vital importancia en el proceso de formación de los túbulos seminíferos y en la espermatogénesis. Durante las primeras semanas después del nacimiento, su proliferación es responsable de la formación de los túbulos seminíferos. El número de células germinales en el testículo aumenta continuamente, con un pico de división a los 4-5 meses y una estabilización de la población a partir de los 7 meses. Estas células son las encargadas de realizar la espermatogénesis, que consiste en una serie de divisiones mitóticas y meióticas que terminan con el resultado de una célula haploide. Los túbulos seminíferos desembocan en la rete testis, que transporta los espermatozoides a través de los conductos eferentes, gracias a su epitelio ciliado, hasta depositarlos en la cabeza del epidídimo, donde comenzará la maduración epididimaria. (Magapor,2020).



**Figura 4. Túbulo seminífero. Fuente: Magapor**

#### **2.4.4. Conducto deferente**

El conducto deferente es una estructura tubular rodeada de fibras musculares lisas que conecta la cola de cada epidídimo con la uretra y es responsable de impulsar los espermatozoides en la eyaculación. Esta estructura forma parte del cordón espermático y es esencial para el transporte de los espermatozoides desde los testículos hasta la uretra durante la eyaculación. En la vasectomía del verraco, se realiza el corte del conducto deferente a mitad de camino entre la cola del epidídimo y su entrada en el abdomen, eliminando así una sección de 30-50 mm de este conducto.

#### **2.4.5. Uretra**

La uretra es una estructura tubular que comienza en la vejiga y transporta los espermatozoides desde el abdomen a través del canal inguinal hasta el orificio uretral externo en la punta del pene. Se puede dividir en dos partes: la uretra



pelviana y la uretra peniana. La uretra es responsable de llevar tanto el semen como la orina al exterior, por lo que es importante descartar la primera fracción del eyaculado para evitar la contaminación cruzada (Magapor, 2020).

#### **2.4.6. Glándulas vesiculares o vesiculares seminales**

Las glándulas a las que se hace referencia son las vesículas seminales, dos órganos unidos entre sí y ubicados en la zona dorso-lateral del cuello de la vejiga. Estas glándulas secretan una sustancia alcalina rica en fructosa que se mezcla con los espermatozoides en la eyaculación y les proporciona protección contra cambios bruscos de pH, además de contribuir al volumen del semen. Por otro lado, las vesículas seminales no almacenan espermatozoides, sino que producen una fracción post-espermática que contiene una pequeña cantidad de espermatozoides. La estructura de las vesículas seminales está formada por saculaciones con un epitelio cuboidal y una capa bien desarrollada de musculatura lisa. Además, contienen gránulos y un pigmento amarillo que aparece con la madurez sexual. (Magapor, 2020; Jorge de Alba, 1964).

#### **2.4.7. Glándula prostática**

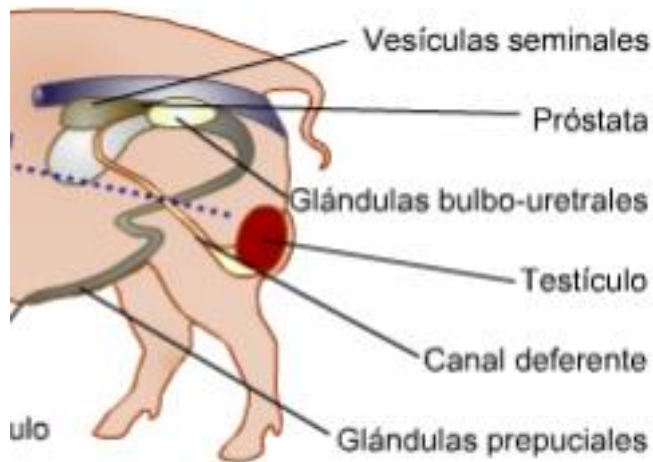
Se trata de una glándula de menor tamaño y forma variable en el verraco, que secreta un líquido rico en aminoácidos, ácido cítrico y enzimas, cuya función es estimular el movimiento de los espermatozoides. Esta glándula se une con las secreciones de las vesículas seminales para formar el plasma seminal en la fracción espermática y post-espermática. Por otro lado, esta glándula puede tener una forma muy variada, consistiendo en un cuerpo detrás de la entrada del conducto deferente a la uretra, y una parte diseminada a lo largo de ésta. En algunos casos, el número de glándulas individuales puede llegar a ser hasta de 50. (Magapor, 2020; De Alba, 1964).

#### **2.4.8. Glándulas Bulbouretrales**

Se trata de glándulas pares, de forma ovoide y con una longitud aproximada de 2 a 3 cm, que se encuentran envueltas en el músculo bulbocavernoso. Cada una de ellas desemboca de manera independiente en la uretra y se ubica en contacto con ella a la altura de la pelvis. La estructura de estas glándulas es lobulada, y cada lóbulo contiene abundante tejido conectivo. Es importante destacar que su desarrollo varía entre las distintas especies, siendo más grandes en el caso del cerdo. La secreción que producen tiene como función limpiar y lubricar la uretra antes de la cópula, con el fin de facilitar el tránsito de los espermatozoides por este segmento, el cual constituye una vía común de los sistemas genital y urinario. (Álvarez et al., 2009).

#### **2.4.9. Glándulas ampulares**

El agrandamiento fusiforme del conducto deferente se refiere a un ensanchamiento en forma de huso del conducto. Además, se observa una proliferación glandular en su mucosa, lo que resulta en la secreción de ácido cítrico, fructosa y ergotionina (Konig, 2005).



**Figura 5. Ubicación de glándulas. Fuente: 3tres3**

#### **2.4.10. Estación reproductiva**

El macho es un reproductor no estacional, siendo el fotoperiodo o la iluminación artificial poco influyente en la producción de semen y en la pubertad. Sin embargo, las temperaturas extremas pueden disminuir la calidad seminal. Los verracos alcanzan la pubertad entre los 5.5 y 7 meses de edad y su uso controlado para la monta debe iniciarse poco después de la pubertad pero limitarse hasta la madurez. Los verracos adultos producen una cantidad significativa de espermatozoides al día, lo que permite la inseminación artificial en cerdas con una dosis mínima de al menos dos billones de espermatozoides. Es importante no sobrecargar al verraco adulto, limitando su uso para la monta a una vez al día o cinco veces a la semana.

El eyaculado del verraco puede variar en volumen de 70 a 500 ml, y la mayoría de los espermatozoides se liberan en la segunda fracción del eyaculado. El fluido seminal se compone de una fracción de gel producida por las glándulas

bulbouretrales, y una fracción líquida derivada principalmente de las vesículas seminales y de la próstata, que contienen proteínas, fructuosa y electrolitos.

Cuando el verraco es expuesto a un grupo de hembras, examina al azar aquellas que están en proximidad, pero las cerdas en proestro o estro lo buscarán activamente, respondiendo a las feromonas y al olor, vocalización y comportamiento del verraco. La copulación suele durar de tres a seis minutos, y durante la eyaculación, el eyaculado se deposita con fuerza en el útero de la cerda.

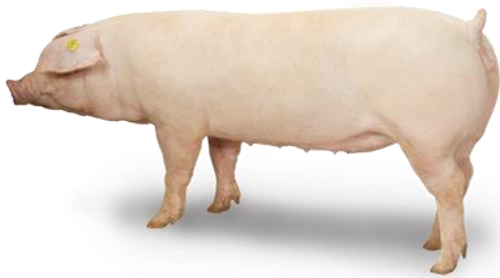
Después de la copulación, pocos espermatozoides están presentes en los oviductos, y la mayoría permanece en el útero, donde se capacitan. Solo un pequeño porcentaje de los espermatozoides capacitados son transportados a través de la unión útero-tubárica y llegan al ámpula del oviducto, donde sirven como reserva espermatozoica durante aproximadamente 24 horas. Si hay espermatozoides capacitados presentes en el oviducto, la fertilización puede ocurrir en cuestión de minutos después de la llegada de los oocitos (Portal veterinaria,2001).

## **2.5. Razas más comunes que domina para la engorda y pie de cría**

A lo largo de la historia, se han seleccionado cerdos de diferentes razas en función de las necesidades de cada mercado y época. Las principales características consideradas para la selección incluyen la disponibilidad de buen ganado reproductor, alta fecundidad y capacidad de cruzamiento, buena capacidad de desarrollo con temperamento activo pero dócil, excelente calidad de canal, buena asimilación de alimentos, demanda en el mercado y resistencia a enfermedades.

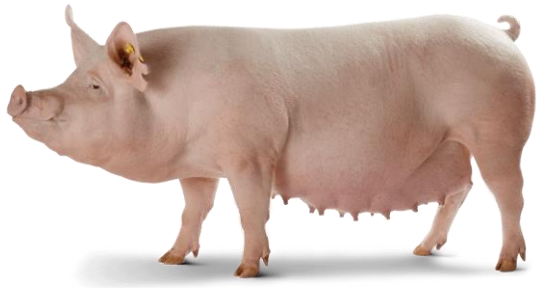
Algunas de las principales razas de cerdos incluyen Yorkshire, Landrace, Duroc, Hampshire, Berkshire y Pietrain, entre otras.

- El Landrace es una raza porcina originaria de Dinamarca. Se distingue por su pelaje blanco y piel rosada, perfil recto y orejas grandes que apuntan hacia adelante. Además, destaca por su gran longitud corporal y su alta capacidad de producción, tanto de leche como de crías. Es una raza altamente prolífica y muy valorada en la industria porcina.



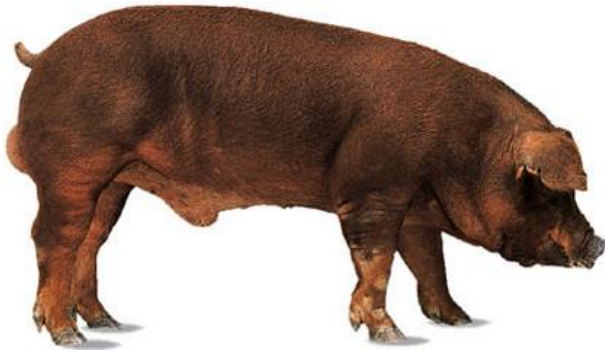
**Figura 6. Raza landrace. Fuente: Grupo Isa**

- El Yorkshire es una raza porcina originaria del condado de Yorkshire en Inglaterra. Se caracteriza por tener pelaje blanco y piel rosa, un gran tamaño corporal, perfil recto a cóncavo y orejas erectas. Además, posee una buena prolificidad y habilidad materna, así como magníficos aumentos diarios de peso.



**Figura 7. Raza Yorkshire. Fuente: DanBred**

- El Duroc tiene su origen en el Noroeste de Estados Unidos. Es un cerdo de piel rojiza y orejas medianas y caídas dirigidas hacia delante. Su pelaje es de color rojo ladrillo. Esta raza es conocida por su rusticidad y magnífica conversión alimenticia.



**Figura 8. Raza Duroc. Fuente: Directo al paladar**

- El Hampshire, originario de Kentucky, Estados Unidos, se caracteriza por tener una capa de color negro con una franja blanca en los miembros anteriores, brazuelos y cruz. Es de tamaño mediano, con perfil recto y orejas erectas hacia delante. Destaca por su excelente conversión alimenticia y mínima grasa dorsal (Crianza de porcino,2018)



**Figura 9.***Raza Hampshire. Fuente: Agro región*

## **2.6. Antecedentes de la inmunocastración de cerdos en México**

La ceba de cerdos enteros presenta desventajas como el olor sexual en la carne y problemas de bienestar debido al comportamiento agresivo y la monta. Para solucionar estos problemas, se ha optado por la castración quirúrgica, que reduce estos comportamientos y facilita el manejo de los animales, incrementa su peso y

mejora la calidad de la carne al eliminar el olor y sabor a verraco. Sin embargo, esta práctica sigue siendo polémica debido a las heridas, dolor, estrés y riesgos de infecciones, inflamaciones crónicas y complicaciones post-operatorias que implica para los animales (Basulto-Baker, 2020).

La presencia del olor sexual, un aroma similar al de la orina en la carne de cerdo macho entero, se debe a la combinación de hormonas androgénicas como la testosterona y androsterona, producidas en las células de Leydig de los testículos, junto con el escatol, producto resultante de la descomposición anaerobia intestinal del triptófano. Para evitar esta característica, se practica la castración de los lechones destinados al engorde, eliminando así las características sexuales del cerdo verraco que se caracteriza por su comportamiento agresivo y el mal sabor y olor de la carne. A pesar de que la castración quirúrgica es una técnica efectiva, también es polémica debido a las heridas, el dolor, el estrés y los riesgos de infecciones, inflamaciones crónicas y complicaciones post-operatorias que conlleva. En su lugar, se ha propuesto la inmunocastración a través de la administración de vacunas, como la IMPROVAC, como una alternativa eficiente y efectiva. (Quezada, 2017).

## **2.7. La inmunocastración**

La inmunocastración es una alternativa segura, económicamente viable y respetuosa con el bienestar animal que contribuye a la producción sostenible de cerdos. Además de mejorar la calidad de la carne y aumentar la rentabilidad económica, también ofrece beneficios ambientales al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y la generación de residuos asociados a la castración quirúrgica.



### **2.7.1. Características generales de la inmunocastración**

Aunque los machos enteros tienen una mejor eficiencia alimenticia y producen una canal más magra que los machos castrados, su carne puede ser rechazada por los consumidores debido al olor sexual característico. Para abordar este problema, se ha desarrollado una alternativa innovadora a la castración quirúrgica: la vacunación contra la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), conocida como inmunocastración. Esta técnica presenta ventajas en términos de bienestar animal, rentabilidad económica y calidad de la carne, y es una opción viable y sostenible para la producción de cerdos.

La inmunocastración permite el crecimiento de lechones como machos enteros hasta una etapa avanzada del engorde, lo que podría resultar en un crecimiento diferente al de los machos quirúrgicamente castrados. Además, los machos enteros acumulan más músculo y menos grasa que los castrados, lo que conduce a mejoras en la ganancia media diaria, la eficiencia de conversión y el peso a faena. Teniendo en cuenta que la alimentación es un factor importante en los costos de producción y está sujeta a fluctuaciones de precios, cualquier práctica que haga un uso más eficiente de los recursos será crucial para mejorar la producción porcina.

### **2.7.2. Índice de conversión alimenticia**

El índice de conversión, que relaciona la cantidad de alimento necesario para producir un kilogramo de carne, es uno de los aspectos más importantes en el análisis económico de la producción porcina. Una explotación más eficiente en la producción de cada kilogramo de carne tendrá un impacto significativo en el análisis económico. El índice de conversión también se utiliza para comparar la capacidad de diferentes líneas genéticas en la conversión de alimento en peso vivo. La calidad de los alimentos y su presentación también influyen en este índice, ya que cualquier componente de baja calidad o una distribución incorrecta pueden afectar negativamente la eficiencia de la conversión de alimento a peso vivo.

### **2.7.3. La ganancia de peso**

La Ganancia Media Diaria es un indicador crucial en la producción animal, ya que expresa el aumento promedio de peso de los animales en un período determinado y está directamente relacionado con el peso a faena y los ingresos del productor. Además, es un indicador de la eficiencia de la granja, ya que refleja el resultado global de las prácticas de manejo implementadas. Todas las decisiones de manejo, desde el destete hasta la venta de los animales, se enfocan en lograr una máxima ganancia diaria de peso y, por consiguiente, un mayor peso a la hora de faena. La calidad de la alimentación y la implementación de prácticas de manejo adecuadas son factores clave para lograr una ganancia media diaria óptima.

Los índices de conversión y ganancia media diaria están influenciados por el sexo y categoría del animal, debido a la acumulación relativa de tejido magro y graso. En general, los machos enteros suelen acumular más tejido magro y menos tejido graso que las hembras y los machos castrados. Por lo tanto, se espera que los machos enteros tengan mejores índices de conversión y ganancia media diaria debido al menor costo energético requerido para generar cada kilogramo de peso vivo.

### **2.8. Tiempo de la inmunocastración**

Según Lincoln (2010), los cerdos inmunocastrados experimentan un aumento de apetito del 10-14% a partir de la segunda dosis, mejoran su índice de conversión en un 6-9%, presentan una ganancia media diaria de peso mayor en un 15%, un nivel de grasa dorsal menor (9.14 vs. 11.43 mm) y un mayor rendimiento de magro (58.08 vs. 56.79) en comparación con los cerdos castrados quirúrgicamente (Aráoz de Lamadrid, 2016).

### **2.8.1. Solución usada para la inmunocastración**

La vacuna Improvac se utiliza en cerdos machos enteros para controlar el olor a cerdo y se considera una alternativa amigable para el bienestar animal en lugar de la castración quirúrgica. Su composición consiste en un análogo sintético e incompleto del GnRF natural que se conjuga con una proteína acarreadora mediante un enlace covalente. Esta vacuna se formula con un adyuvante acuoso y no oleoso en una inyección lista para su uso. Cuando se administra, estimula el sistema inmunitario del cerdo para producir anticuerpos específicos contra el GnRF, lo que inhibe temporalmente la función testicular y detiene la producción y acumulación de los componentes responsables del olor sexual (Improvac, 2013).

### **2.8.2. Diferentes métodos de la inmunocastración**

El objetivo de la inmunocastración es neutralizar el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas y desactivar las funciones testiculares para afectar el comportamiento masculino. Para lograr esto, se utilizan vacunas que contienen un análogo de la GnRH I, conjugado con una proteína foránea y un adyuvante. Esto estimula la formación de anticuerpos que neutralizan la acción de la GnRH I endógena. Actualmente, las vacunas comerciales disponibles para la inmunocastración de cerdos incluyen Improvac y sus marcas globales relacionadas, como Improvest, Vivax e Innosure (Kress et al., 2019).

Improvac es una vacuna desarrollada por CSL Limited en Parkville, Victoria, Australia y producida por Zoetis Inc. Se aprobó por primera vez en Australia y Nueva Zelanda en 1998 para prevenir el olor sexual en la carne de cerdo. La vacuna contiene un péptido análogo incompleto de la GnRH I conjugado con el toxoide de la difteria y adyuvado con DEAE-Dextrano. Este ingrediente farmacéutico activo estimula la producción de anticuerpos en los cerdos, que a su vez inhiben

temporalmente la función testicular y la acumulación de los componentes responsables del olor sexual. (McNamara, 2014)

Una alternativa similar a Improvac es la vacuna Ceva Valora, la cual contiene tres péptidos sintéticos como inmunógeno y es comercializada por Ceva Animal Health. En esta vacuna, la GnRH está unida covalentemente en su extremo N-terminal a secuencias de células T cooperadoras. Es importante contar con las inyectoras adecuadas para realizar este método de inmunocastración, las cuales generalmente son suministradas por la empresa proveedora del producto. En caso de que no sean proporcionadas por el proveedor, es recomendable adquirir una inyectora que garantice las condiciones mínimas de seguridad, practicidad, resistencia y facilidad de manejo.

### **2.8.3. Proteína sintética análoga del GnRF**

La inmunocastración funciona como una vacuna que aprovecha el sistema inmunitario del cerdo para desactivar temporalmente la función testicular y evitar el desarrollo de los órganos reproductivos durante la madurez sexual. Es importante destacar que no se trata de un medicamento y no tiene actividad hormonal. Al neutralizar la acción de los testículos, se previene la producción y acumulación de sustancias responsables de los olores y sabores indeseados en la carne de cerdo durante la cocción.

La proteína sintética análoga del GnRF utilizada en la inmunocastración de cerdos tiene múltiples beneficios. Por un lado, mejora la eficiencia alimenticia, la composición de la canal (con menos grasa y más magro), el desempeño en el crecimiento (lo que se traduce en menos días hasta el mercado y cerdos más pesados en el mercado) y las ganancias. Además, al bloquear la producción de sustancias que generan olores y sabores desagradables en la carne de cerdo, se mantiene la calidad comestible de la carne sin olor o sabor a verraco. También se reduce la incidencia de comportamientos sexuales y agresivos, lo que contribuye a mejorar el bienestar animal. Por último, la inmunocastración también puede reducir la producción de heces, lo que facilita el manejo ambiental.

## **2.9. Característica de la edad del cerdo durante la prueba inmunocastración**

Para reducir los niveles de androsterona y escatol en los cerdos machos, se administran dos inyecciones a partir de las 8 semanas de edad, la segunda de ellas 4-6 semanas antes del sacrificio. Los efectos se notan gradualmente en la primera semana posterior a la segunda inyección, y los niveles de androsterona y escatol disminuyen entre 4-6 semanas después de la segunda inyección. El comportamiento agresivo y sexual disminuye 1-2 semanas después de la segunda inyección. (Improvac, 2009)

### **2.9.1. Durante la etapa adulta del verraco**

La inmunocastración se lleva a cabo durante la fase de finalización para maximizar el potencial de crecimiento de los cerdos machos enteros hasta la segunda vacunación, según Zamaratskaia y Rasmussen (2015). La primera dosis sirve para preparar el sistema inmunológico del cerdo, pero no produce cambios fisiológicos significativos en el animal, tal como señalan Nautrup y Vlaenderen et al. (2018) y Basulto (2020).

### **2.9.2. Factor de Riesgo en la operación porcino**

Los factores de riesgo son condiciones, conductas, estilos de vida o situaciones que aumentan la probabilidad de padecer una enfermedad. En el caso de la inmunocastración porcina, los factores de riesgo pueden estar relacionados con una mala higiene durante la operación o la presencia de una infraestructura inadecuada para la cría de los animales, lo que puede aumentar la frecuencia de enfermedades en los lechones. Además, estos factores pueden favorecer la aparición de enfermedades cardiovasculares y trastornos circulatorios debido a la contaminación del aire.

### **2.9.3. Factor de riesgo durante la inmunocastración temprana y adulta**

Las reacciones adversas más comunes relacionadas con la administración de Improvac son la inflamación en el sitio de inyección, que se resuelve gradualmente pero puede persistir en el 20-30% de los animales durante más de seis semanas, y un aumento temporal de la temperatura rectal de aproximadamente 0,5°C durante las 24 horas posteriores a la vacunación (EMA, 2009). Estas reacciones pueden evitarse o minimizarse si la vacunación se lleva a cabo por personal debidamente capacitado y de acuerdo con las especificaciones del productor (Kress et al., 2019).

### **2.9.4. Lechones de pre-destete**

La castración quirúrgica en cerdos tiene un efecto negativo en la producción durante el período de lactación, ya que aumenta la mortalidad pre-destete, especialmente en cerdos con un peso corporal menor, y afecta negativamente el peso corporal al destete en cerdos con un peso corporal más alto. (Morales J. et al., 2018). Realizar la castración dentro de la primera semana de vida presenta varias ventajas, ya que los testículos son de mayor tamaño y están completamente descendidos, lo que hace que la cirugía sea más fácil y disminuye el riesgo de prolapsos. Además, brinda la oportunidad de corregir hernias inguinales en lechones (Kielly et al., 1999, Prunier et al., 2006). Es importante tener en cuenta que la castración debe realizarse por personal capacitado y siguiendo los protocolos adecuados para minimizar las complicaciones posoperatorias.

### **2.9.5. Lechones al destete**

Realizar la castración junto con el destete presenta varias ventajas, ya que se aprovecha la aplicación de otras prácticas dolorosas como la identificación en un

solo manejo (Lambertz et al., 2014). Además, al realizar la cirugía al cumplir la primera semana de vida, se pueden obtener varios beneficios, ya que los testículos son de mayor tamaño y se encuentran completamente descendidos, lo que hace que la cirugía sea más fácil y se evite el riesgo de prolapsos. También se brinda la oportunidad de corregir hernias inguinales en los lechones (Kielly et al., 1999, Prunier et al., 2006).

#### **2.9.6. Verracos adultos**

Se recomienda que la castración en cerdos mayores de 5 semanas se realice únicamente bajo anestesia local y garantizando su bienestar. La inyección de 0,5 ml debe administrarse en cada testículo y debajo de la piel, seguida de la castración después de 5 minutos (Michael R. et al., 2013). Aunque es posible retrasar la castración hasta edades mayores para aprovechar las ganancias de peso de los animales intactos (Mach et al., 2009), se debe tener en cuenta que el dolor asociado con el procedimiento puede causar pérdidas de peso debido a la inmovilidad y la disminución del apetito (Bretschneider, 2005).

#### **2.9.7. Vacunación**

Para vacunar a los cerdos, se administran dos dosis por vía subcutánea en la base del cuello, justo detrás de la oreja. La primera dosis se administra después de las ocho semanas de edad, y la segunda, como mínimo, cuatro semanas después de la primera y entre cuatro y seis semanas antes del sacrificio. Cuando se administra correctamente la vacuna Improvac, la gran mayoría de los animales responde adecuadamente y solo el 0,3 % requiere una tercera dosis. Sin embargo, la falta de aplicación puede ser la causa de la mayoría de los casos en los que se requiere una tercera dosis. Un estudio reciente de Kress et al. (2020) concluye que, incluso bajo diferentes condiciones de alojamiento de los cerdos, una aplicación cuidadosa de esta vacuna garantiza resultados confiables.

Para garantizar la inactivación eficiente de la GnRH endógena y la eliminación del olor a verraco en los cerdos que se ceban por un período mayor y que se sacrifican a los 14 meses de edad, se podría requerir un régimen de vacunación de tres dosis. La tercera dosis se administra a partir de las 10 semanas después de la segunda dosis y entre 4 y 6 semanas antes de la fecha planificada para el sacrificio, según las recomendaciones de la Comisión Europea (2019). Es importante destacar que una correcta aplicación de la vacuna y un adecuado entrenamiento del personal encargado pueden garantizar resultados confiables incluso bajo diferentes condiciones de alojamiento de los cerdos, como concluye un reciente estudio de (Kress et al. 2020).



**Figura 10. *Inmunocastración.* Fuente: *Revista colombiana de ciencias pecuarias.***



### **2.9.8. Aplicación de antiséptico**

Esta preparación es un antiséptico que ayuda en la cicatrización de heridas, incluyendo traumatismos quirúrgicos, castraciones, cortes de cola y ombligo. Su combinación de agentes antimicrobianos y antifúngicos lo hace útil para combatir infecciones locales de bacterias y hongos en la piel. Cada 100 ml de la fórmula contienen 1.8 g de violeta de genciana, 0.2 ml de fenico, 0.37 ml de acetona, 31.89 ml de alcohol etílico y vehículo c.b.p. 100 ml.

Para su aplicación, se debe lavar la zona afectada con agua y jabón en forma abundante, retirando toda la materia orgánica como fecal y sangre. Luego, se debe aplicar el producto generosamente de dos a tres veces al día. En el caso de la castración, se debe aplicar después de realizar la cirugía y lavar adecuadamente la zona cortada. (Difesa, 2023)

### **2.9.9. Alimentación**

Según estudios, los cerdos inmunocastrados tienen una ganancia diaria de peso mayor y una conversión alimenticia más favorable en comparación con los cerdos castrados, y presentan un riesgo similar de olor sexual en la carne. Además, se ha encontrado que los cerdos inmunocastrados tienen un mayor peso al momento del sacrificio en comparación con los cerdos enteros. No obstante, para lograr un crecimiento óptimo en cerdos inmunocastrados es necesario proporcionarles una dieta formulada específicamente para ellos, y los resultados productivos dependen del tiempo entre la segunda vacunación y el sacrificio, según concluyen Nautrup et al. (2018).

### **2.9.10. Agua**

Para garantizar la salud y el bienestar de los cerdos, es esencial proporcionarles acceso diario a agua limpia y fresca. Para ello, es necesario ajustar la altura de los bebederos y la velocidad del flujo del agua para asegurarse de que todos los cerdos puedan beber sin dificultad. Asimismo, es fundamental realizar mantenimiento rutinario de los equipos para evitar problemas y garantizar un suministro constante de agua potable. En el caso de cerdas lactantes, el abastecimiento de agua debe ser continuo para asegurar la hidratación adecuada de la camada. Para prevenir situaciones de emergencia, es importante contar con provisiones de agua para al menos 24 horas en caso de interrupción del suministro por razones como sequías o contaminación de la fuente de abasto. (Certified, 2022).

### **2.9.11. Ventilación**

Es importante que las instalaciones donde se alojan los cerdos cuenten con un diseño adecuado que permita una ventilación adecuada para prevenir enfermedades respiratorias. Además, se debe tener en cuenta que la concentración de amoníaco en el aire debe ser monitoreada y registrada regularmente, y no debe superar los 25 ppm, siendo deseable que sea inferior a 10 ppm. Esto ayudará a garantizar un ambiente saludable y seguro para los animales. (Certified, 2022).

Los sistemas de ventilación en granjas porcinas el objetivo es mantener una buena calidad del aire y controlar la temperatura y la humedad ambiental. Existen dos tipos de ventilación: natural (estática) y forzada (dinámica). La ventilación natural utiliza las corrientes térmicas y la velocidad del viento para generar el movimiento del aire, mientras que la ventilación forzada cuenta con elementos mecánicos para generar un flujo controlado de aire. La desventaja de la ventilación natural es que no se puede controlar, mientras que la ventilación forzada es más eficiente y se puede ajustar según las necesidades de la granja.

Existen tres sistemas de ventilación forzada que se utilizan comúnmente en la industria porcina: de presión neutra, de presión positiva y de presión negativa (Veterinaria Digital S.A, 2021).

## **2.10. Manejo de la limpieza en granja de cerdos**

La bioseguridad en la granja depende en gran medida de la limpieza y desinfección adecuadas de las instalaciones, el personal, los vehículos, el equipo y los materiales. Para garantizar la calidad sanitaria en las instalaciones, es necesario contar con un programa de limpieza, desinfección y mantenimiento preventivo. Una parte fundamental de este programa es la limpieza periódica y profunda de la granja, que debe incluir:

Es fundamental seguir un programa de limpieza, desinfección y mantenimiento preventivo en la granja para asegurar la calidad sanitaria en las instalaciones, personal, vehículos, equipo y materiales. Para reducir el riesgo de brotes de enfermedades, es necesario realizar una limpieza periódica y profunda de la granja, incluyendo la remoción diaria del estiércol de los corrales, retirar inmediatamente la orina, heces y sangre de los corrales donde hubo animales enfermos o muertos, y limpiar y desinfectar regularmente los corrales de cerdos.

En el proceso de limpieza, se debe utilizar una solución de detergente diluida para remover toda materia orgánica, y se deben cepillar las superficies con agua y jabón, dejándolas secar. Si es posible, se recomienda utilizar lavado de alta presión. Es importante seguir los protocolos para evitar la contaminación ambiental de acuerdo con la normatividad de cada país. Después de la limpieza, se deberá llevar a cabo el protocolo de desinfección.

Existen dos tipos de limpieza mecánica que se utilizan en las instalaciones pecuarias: la limpieza general, que se lleva a cabo con herramientas como palas,

rastrillos, entre otros. Además de la limpieza minuciosa o detallada, que se realiza con agua a presión y detergente. Es importante realizar la limpieza mecánica de la basura seca, estiércol, tierra y otros materiales después de remojarlos con agua o soluciones desinfectantes para evitar la propagación de gérmenes a través del polvo. Esta práctica no solo reduce la cantidad de gérmenes presentes, sino que también aumenta la efectividad de la desinfección.

En cuanto a la limpieza de los corrales, es necesario remojar el estiércol antes de sacarlo de la nave y luego proceder a remojar el piso, las paredes, los comederos, tabiques, entre otros. Las paredes muy sucias deben lavarse con agua caliente, prestando especial atención a las partes inferiores de las paredes, huecos y esquinas. Se recomienda utilizar equipo de alta presión para una limpieza más eficiente, eliminando cualquier rastro de suciedad y logrando una desinfección eficiente. (Mata et al., 2012).

### **III. CONCLUSIÓN**

La inmunocastración de cerdos es una técnica que ha sido ampliamente estudiada y utilizada en la industria porcina debido a sus beneficios en términos de bienestar animal y mejora de la calidad de la carne. A través de la revisión de la literatura, se ha identificado que factores como la edad y peso del cerdo al momento de la vacunación, la técnica de aplicación de la vacuna y la dosificación adecuada son cruciales para lograr una eficaz inmunocastración y reducir la aparición de efectos secundarios no deseados. Asimismo, se ha destacado la importancia de realizar una adecuada limpieza y desinfección de las instalaciones y equipos utilizados en la producción porcina para prevenir la aparición de enfermedades y garantizar una correcta aplicación de la técnica. En general, se puede concluir que la inmunocastración es una estrategia prometedora para mejorar la productividad en las granjas porcinas, siempre y cuando se realice de manera adecuada y se preste atención a los factores clave que influyen en su eficacia.

#### IV. LITERATURA CITADA.

- Aráoz de Lamadrid, J. G. 2016.** Evaluación de la inmunocastración como herramienta para mejorar parámetros productivos en la producción porcina [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-inmunocastracion-herramienta.pdf>.
- Álvarez, A., Pérez, H., Martín, T., Quincosa, J., & Sánchez, A. (2009).** *Fisiología animal aplicada* (1.a ed., Vol. 1) [Pág. 45]. universidad de Antioquia.
- Basulto Baker, Roberto. (2020).** La castración inmunológica de los cerdos macho: estado actual. *Revista de Producción Animal*, 32(3), 40-56. Epub 10 de diciembre de 2020. Recuperado en 14 de marzo de 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S222479202020000300040&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222479202020000300040&lng=es&tlng=es).
- Basulto, R. (2020, 10 diciembre).** La castración inmunológica de los cerdos machos: Estado actual. SciELO. <https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/45bRIYH1UHdhJdX97X3k9X/lists/7khLAAyBFzanVuC6s9o5pK/citar/pagina-web/>.
- Briyne, N.D., Berg, C., Blaha, T., Temple, D. 2016.** Pig castration: will the EU manage to ban pig castration by 2018, *Porcine Health Management* 2, 29 p.
- Batorek N, Skrlep M, Prunier A, Louveau I, Noblet J, Bonneau M and CandekPotokarM. 2012.** Effect of feed restriction on hormones, performance, carcass traits, and meat quality in immunocastrated pigs. *Journal of Animal Science* 90, 4593–4603 p.
- Batorek, N., Čandek-Potokar, M., Bonneau, M., & Van Milgen, J. 2012.** Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal*, 6(8), 1330–1338 p.

**Calderón, D. 2011.** Evaluación de improvac inmunocastración en relación a cerdos castrados quirúrgicamente en la raza camboroguth 22. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba – Ecuador.

**Portal veterinario. (2001).** *Patrones reproductivos en porcinos.*  
<https://www.portalveterinaria.com/porcino/articulos/2683/patrones-reproductivos-en-porcinos.html#:~:text=Estaci%C3%B3n%20reproductiva%20Una%20cerda%20bien%20alimentada%2C%20posp%C3%BAber%2C%20no,vera%20o%20durante%20los%20primeros%20meses%20del%20oto%C3%B1o.>

**Trillas. (2018).** Reproducción porcina. Porcicultura. Crianza de porcinos (1.a ed.). pág. 6-10.

**Improva. (2009)** [conjugado de proteína análogo del factor de liberación de gonadotropina (GnRF)] información general sobre improvac y sobre los motivos por los que se autoriza su uso en la UE. (2009). European Medicines Agency Cience Medicines Health, 2.  
[https://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/improvac-epar-summary-public\\_es.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/overview/improvac-epar-summary-public_es.pdf).

**Espinoza, J. (2020).** Situación actual de la porcicultura mexicana. top gan.  
<https://agoratopgan.com/2020/09/situacion-actual-de-la-porcicultura-mexicana/>.

**Elika. (2011).** LOS REQUISITOS DE HIGIENE y SANIDAD EN LAS EXPLOTACIONES GANADERAS. fundacion vasca para la seguridad agroalimentaria.  
<https://ganaderia.elika.eus/wp-content/uploads/sites/9/2017/12/Art%C3%ADculo-PHPP-maquetado-castll.pdf>.

**FIRA. 2016.** “Panorama Agroalimentario”, disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama\\_Agroalimentario\\_Carne\\_de\\_Cerdo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_Cerdo_2016.pdf), consultado el 14/6/2017.

**FIRA. 2017.** “Panorama Agroalimentario”, disponible en <http://www.ugrpg.org.mx/pdfs/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202017.pdf>, consultado el 13/12/2017.

**Certified humane (2022).** *Bienestar de los cerdos: 9 cuidados para la crianza de los animales..* <https://certifiedhumanelatino.org/bienestar-de-los-cerdos-9-cuidados/>.

**Aseporc. (2020)** Granja porcina: Programación adecuada, el mejor acierto. Aseporc. <https://aseporcasesorias.com/programacion-granja-porcicola-instalacion-inventarios/>.

**Improvac. (2013).** VACUNA INMUNOCASTRADORA PARA EL CONTROL DEL OLOR SEXUAL DEL CERDO. Zoetis AR. <https://ar.zoetis.com/products/porcinos/improvac.aspx>

**Difesa. (2023)** Azul de metileno | Antiséptico | Cicatrizante. <https://difesa.mx/products/azul-de-metileno>.

**Zamaratskaia, G., Andersson, H. K., Chen, G., Andersson, K., Madej, A., & Lundström, K. (2008).** Effect of a Gonadotropin-releasing Hormone Vaccine (Improvac<sup>TM</sup>) on Steroid Hormones, Boar Taint Compounds and Performance in Entire Male Pigs. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(3), 351-359. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0531.2007.00914.x>

**Lopera Jimenez, J. F.(2021).** Manual de Inmunocastracion en porcinos para pequeños y medianos productores. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40575>

**Mata, V., Acedo, E., & Pinelli, A. (2012).** *Bioseguridad, limpieza y desinfección.* Sitio Argentino de Producción Animal. <https://www.produccion->



[animal.com.ar/libros\\_on\\_line/51-manual\\_porcino/02-BuenasPracticasCap2.pdf](http://animal.com.ar/libros_on_line/51-manual_porcino/02-BuenasPracticasCap2.pdf).

**Magapor. (2020).** *Manejo sanitario y tratamiento de las enfermedades del cerdo.* <https://magapor.com/actualidad-tecnica/anatomia-del-verraco/>

**De Alba, J. (1970).** *Reproducción y genética animal* (No. 15). Bib. Orton IICA/CATIE.

**Quezada, D. (2017).** Evaluación de indicadores reproductivos en cerdos macho (sus scrofa domesticus) castrados por método inmunológico universidad técnica de Machala.

**Rodríguez, G.G. Zaragoza, M.L. & Sánchez H.G. 2007.** Ti basti chitom ta Aguaje, ja'jun paraje tsotsiletik ja'smakoj yu'un Chapas. En: R. Perezgrovas (ed.). Cría de cerdos autóctonos en comunidades indígenas de Chiapas. Serie Monografías N° Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. 2018. La Porcicultura en México. Situación y Perspectiva. Revista Cámara.

**Konig, H., & Liebich, H. (2005).** Anatomía de los animales domésticos; órganos, sistema circulatorio y sistema nervioso (2 corregida y ampliada, Vol. 2). editorial medica panamericana. La castración inmunológica de los cerdos macho: Estado actual. (2020). Produccion Animal, 32(3), 5 p.

**Rebollar Alfredo, Rebollar Samuel, Gómez Germán Tenorio, Hernández Martínez Juvencio y González Razo Felipe de Jesús. 2016.** Crecimiento y especialización regional del sector pecuario en México, 1994 a 2013. Rev Mex Cienc Pecu 7(3), 391-403 p.

**Staff, F. (2022).** Producción de carne de cerdo en México aumenta 2% en primer bimestre de 2022. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/produccion-de-carne-de-cerdo-en-mexico-aumenta-2-en-primer-bimestre-de-2022/>.

**Sánchez, K. (2019).** Calidad del semen a 5°C y su efecto en la fertilidad y el tamaño de la camada de cerdas en el trópico de Guerrero México. [Tesis de maestría]. Universidad michoacana de San Nicolás Hidalgo.

**Veterinaria Digital S.A. (2021).** Ventilación en granjas porcinas ¿En qué factores puede afectar? Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/ventilacion-en-granjas-porcinas/>.

**Vela Girón, Á. M. (2012).** Efecto de la Inmunocastración y Castración Quirúrgica en los Parámetros Productivos de Cerdos (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

**Zamaratskaia, G., Andersson, H. K., Chen, G., Andersson, K., Madej, A., & Lundström, Vela, G., Angel, M. 2012.** Efecto de la Inmunocastración y Castración Quirúrgica en los Parámetros Productivos de Cerdos. Edit. Escuela superior politécnica de Chimborazo 19 p.