


## Efecto de diferentes protocolos de castración en indicadores productivos de cerdos: meta-análisis



---

Humberto Rafael Silva-Santos <sup>a</sup>

Francisco Ernesto Martínez-Castañeda <sup>b</sup>

Gregorio Álvarez-Fuentes <sup>c</sup>

María de la Salud Rubio-Lozano <sup>d</sup>

María Elena Trujillo-Ortega <sup>e\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Ciudad de México, México.

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Toluca, México.

<sup>c</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigación en Zonas Desérticas. San Luis Potosí, México.

<sup>d</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal. Ciudad de México, México.

<sup>e</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Programa Universitario de Alimentación Sostenible. Circuito de la investigación científica s/n, Ciudad universitaria. 04510. Ciudad de México, México.

\* Autora para correspondencia: [elenam@unam.mx](mailto:elenam@unam.mx)

### Resumen:

El objetivo fue evaluar el efecto de los diferentes protocolos de castración por medio del meta-análisis de los indicadores del consumo diario de alimento, conversión alimenticia,

ganancia diaria de peso, peso al rastro, peso de la canal caliente y rendimiento de la canal. Se revisaron 179 publicaciones de tres fuentes electrónicas (Scopus, PubMed, Web of Science) en un periodo de 24 años, de las cuales se seleccionaron los 26 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión. El efecto se analizó con seis comparaciones: C1=castración quirúrgica vs enteros; C2=inmunocastración estándar vs enteros; C3=inmunocastración estándar vs castración quirúrgica; C4= inmunocastración alternativa vs enteros; C5= inmunocastración alternativa vs castrados quirúrgicamente; y C6= inmunocastración alternativa vs inmunocastración estándar. Las medias obtenidas fueron de consumo de alimento (kg) (0.23, 0.23, -0.05, 0.32, 0.11, -0.09), de conversión alimenticia (kg:kg) (0.27, 0.05, -0.16, 0.11, 0.11, -0.19), ganancia diaria de peso (g) (-9.54, 39.08, 40.70, 107.63, -53.0, 69.14), peso de la canal (kg) (-9.54, 39.08, 40.70, 107.63, -53.0, 69.14), y peso de la canal en caliente (kg) (1.23, 0.85, 0.46, 1.03, 1.02, -0.42) respectivamente. Los indicadores de consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia diaria de peso, peso al rastro y peso de la canal caliente fueron diferentes ( $P<0.05$ ); solo la variable de rendimiento de la canal no mostró diferencia ( $P>0.05$ ). Se concluye que, la inmunocastración mejora el desempeño en indicadores productivos y de la canal, la castración quirúrgica mejora el rendimiento de la canal, los cerdos enteros tienen mejor conversión alimenticia, y la inmunocastración estándar y alternativa difieren en su respuesta en indicadores de producción y medición de la canal.

**Palabras clave:** Inmunocastración, GnRH, Meta-análisis, Canal, Ganadería.

Recibido: 27/02/2023

Aceptado: 18/10/2023

## Introducción

En cerdos enteros para el abasto, el sabor y olor sexual en la carne es perceptible<sup>(1)</sup>, por lo que, a edades tempranas, preferentemente se castran de forma quirúrgica, que es la técnica más utilizada y también es una técnica invasiva<sup>(2)</sup>. En la década de los años 90s se abordaron distintos métodos de castración<sup>(3)</sup>, dentro de los cuales se distinguen los resultados del efecto de la aplicación de la inmunización contra GnRH en el olor sexual, la respuesta en los indicadores productivos y de la canal<sup>(4,5)</sup>.

El protocolo de inmunización en su aplicación estándar consta de dos dosis vía subcutáneas a las 12 y 16 semanas de vida<sup>(6)</sup>. La primera permite el reconocimiento inmunológico, la producción de anticuerpos y el anclaje a los gonadotropos. La segunda dosis incrementa la

respuesta inmunológica, provocando la atrofia gonadal y eliminando la androstenona como precursor del olor sexual<sup>(7)</sup>.

Se ha reportado que, con la inmunocastración existe un incremento en la ganancia diaria de peso, mayor peso de la canal a la matanza y la reducción en espesor de grasa dorsal<sup>(8,9)</sup>, sin embargo, otros autores refieren lo opuesto al observar menor rendimiento de la canal y menor ganancia diaria de peso<sup>(10,11)</sup>.

Se han publicado estudios donde aplicaron diferentes protocolos de inmunización contra GnRH que involucran la edad, el intervalo y el número de dosis. Como resultado de estos estudios se observó mejora en la conversión alimenticia y peso de la canal en los protocolos que tuvieron intervalos de 4 y 6 semanas entre dosis<sup>(12)</sup>, mejoraron los resultados en indicadores de crecimiento en protocolos de inmunocastración tardíos y prepuberales<sup>(13)</sup>, y los protocolos de inmunización estándar y tardío tuvieron mejor eficiencia alimenticia<sup>(14)</sup>.

Los resultados de los diferentes estudios entorno a los métodos de castración, han sido analizados con la herramienta estadística de meta análisis. Ejemplo de ello se observa en el trabajo del año 2012 de Batorek *et al*<sup>(15)</sup>, donde la comparación entre la inmunocastración contra castración quirúrgica y cerdos enteros, mostró que los cerdos inmunocastrados tuvieron canales más largas en comparación con los castrados quirúrgicamente y enteros. Mayor velocidad de crecimiento y mejor conversión alimenticia que los enteros.

En otro estudio de 2018<sup>(16)</sup>, la inmunocastración en cerdos tuvo mayor ganancia diaria de peso y menor conversión alimenticia que la castración quirúrgica. Por otro lado, en cerdas inmunocastradas contra cerdas enteras, se observó mayor ganancia diaria de peso, consumo de alimento, peso al rastro y grasa dorsal<sup>(17)</sup>.

El objetivo del presente meta-análisis fue evaluar el efecto de los diferentes protocolos de castración utilizados hasta el 2020, con énfasis en el análisis de la técnica de castración, así como el efecto en la edad de aplicación del protocolo de inmunocastración y su comparación entre la aplicación estándar y alternativa de inmunización, en indicadores productivos de ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, conversión alimenticia y la evaluación de la canal como el peso vivo a rastro, peso de la canal caliente y el rendimiento de la canal.

## **Material y métodos**

El desarrollo del presente trabajo incluyó la revisión bibliográfica de las publicaciones relacionadas a los diferentes protocolos de castración (castrados quirúrgicamente, Inmunización contra GnRH estándar e inmunocastrados alternativos) además de considerar

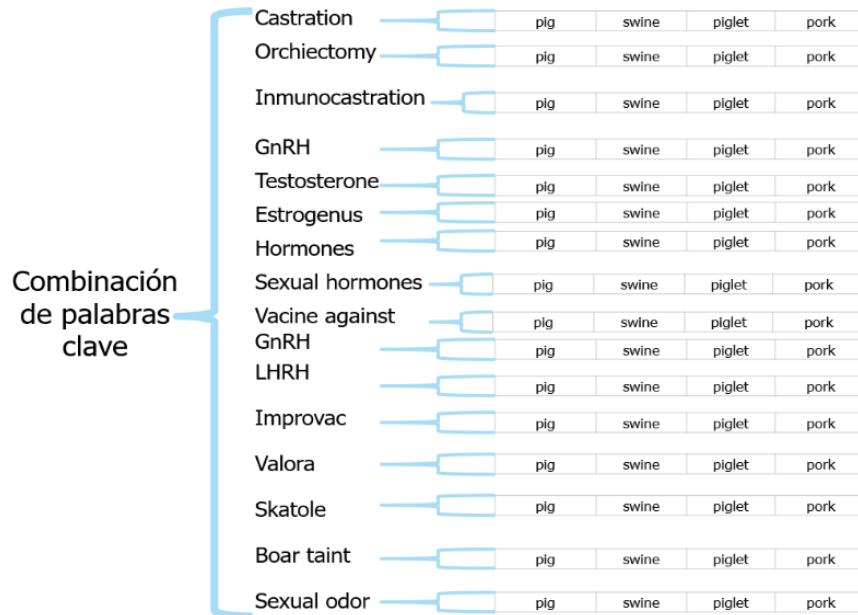
a los cerdos enteros. El procedimiento metodológico fue: búsqueda de la información; revisión sistemática; síntesis cuantitativa; categorías de análisis; y análisis estadístico.

### Búsqueda de la información

La búsqueda inició con el planteamiento y la pregunta de investigación de este trabajo, que enfocaron la revisión bibliográfica en las publicaciones que estudiaron el efecto de los protocolos de castración, quirúrgica e inmunológica, en el proceso de producción de cerdos para el abasto durante la crianza y la posterior salida de los cerdos terminados a rastro, así como la obtención y medición de la canal. La búsqueda de información fue a partir del año 1994, cuando se reportaron los primeros resultados en este tema hasta el año 2020. Para la búsqueda de los trabajos en la revisión sistemática se utilizaron los metabuscadores electrónicos Scopus, PubMed y Web of Science.

La búsqueda primaria se realizó por medio de la mezcla de palabras clave, relacionadas con el tema (Figura 1). Se realizó la segregación de las publicaciones disponibles dirigidas al campo de las ciencias biológicas, ciencias de la producción animal y ciencia y tecnología de la carne, así como la publicación de resultados, valores de media y medidas de dispersión correspondientes.

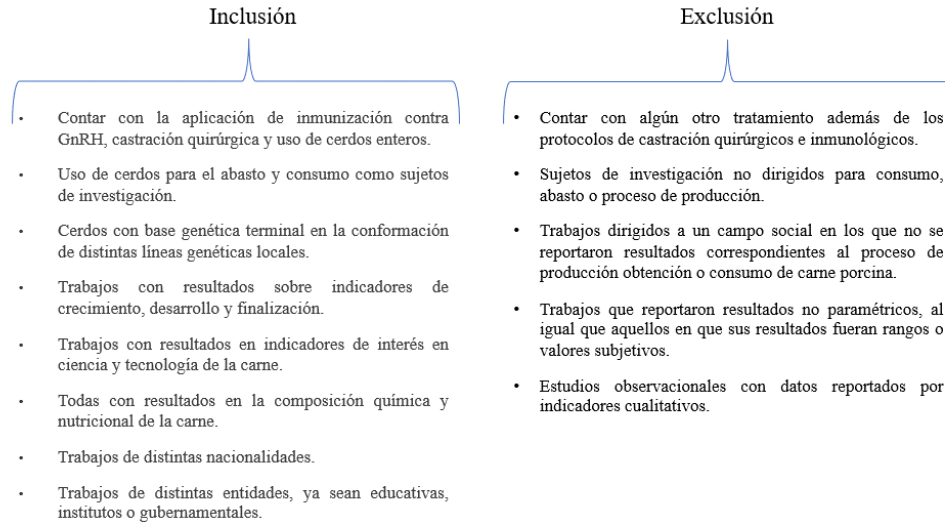
**Figura 1:** Combinaciones de palabras clave para la búsqueda de artículos



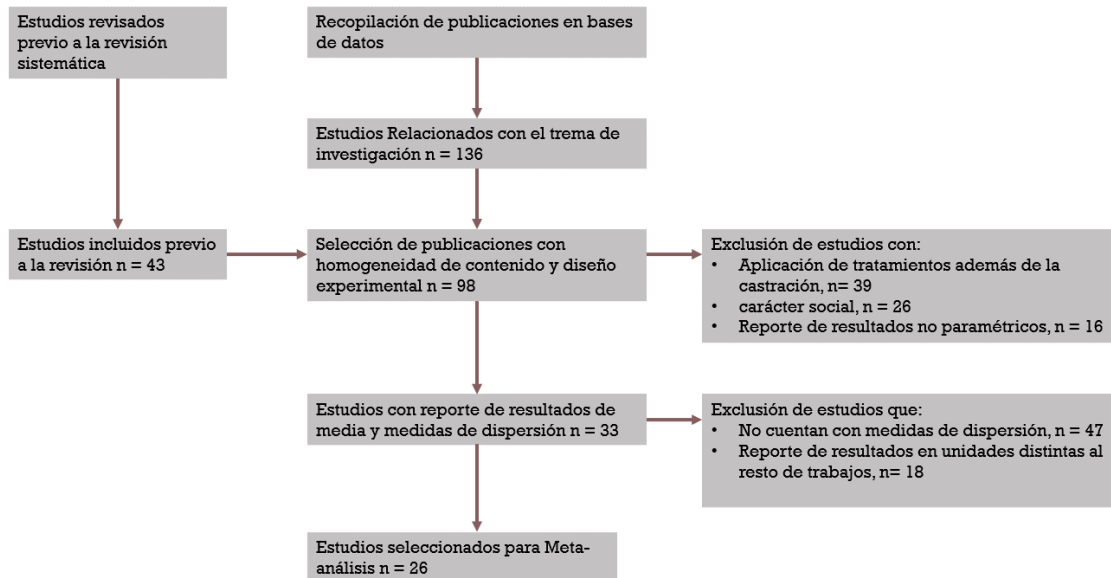
## Revisión sistemática

La selección de los trabajos se aplicó en 179 artículos, por dos miembros de equipo, donde se determinaron los criterios de selección y exclusión de los artículos, a partir del planteamiento y pregunta de investigación iniciales (Figura 2). Ya establecidos dichos criterios, el proceso de selección resultó en 26 artículos para su análisis (Figura 3).

**Figura 2:** Criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos



**Figura 3:** Flujo de selección de la información



## Síntesis cuantitativa

En el Cuadro 1, se presentan las características en técnica y método de castración de los trabajos incluidos para el análisis.

**Cuadro 1:** Detalles de las publicaciones seleccionadas para el análisis estadístico

<b>Autor</b>	<b>Genética</b>	<b>Sexo</b>	<b>Grupo experimental</b>
Andersson <i>et al</i> <sup>(19)</sup>	Yorkshire x Landrace	m, h	Q, Ie, Ia, E
Bonneau <i>et al</i> <sup>(3)</sup>	Large white x Pietrain	h	Q, Ie, E
Channon <i>et al</i> <sup>(20)</sup>	Large White x (Landrace x Duroc x Largewhite)	m	Ie, E
Daza <i>et al</i> <sup>(11)</sup>	Duroc x (Landrace x Large white)	m, h	Q, Ie, E
Di Martino <i>et al</i> <sup>(21)</sup>	Terminal	h	Ie, E
Dunsha <i>et al</i> <sup>(8)</sup>	Large white x Landrace	m	Q, Ie, Ia, E
Font <i>et al</i> <sup>(22)</sup>	Terminal	m, h	Q, Ie, E
Galleos <i>et al</i> <sup>(23)</sup>	Terminal	m	Ie, Ia
Gamero <i>et al</i> <sup>(24)</sup>	Ibérico x Duroc	h	Q, Ie, E
Gogic <i>et al</i> <sup>(25)</sup>	Swallow-bellied Mangalitsa	m	Ie, E
Grela <i>et al</i> <sup>(9)</sup>	Polish Zloynika	m	Q, Ie, Ia, E
Laelifano <i>et al</i> <sup>(12)</sup>	Large White x Landrace	m	Ie, Ia, E
Morales <i>et al</i> <sup>(26)</sup>	Terminal	m	Q, Ie, E
Oliviero <i>et al</i> <sup>(27)</sup>	Landrace	m	Q, E,
Pauly <i>et al</i> <sup>(28)</sup>	Large white	m	Q, Ie, E
Rikard-Bell <i>et al</i> <sup>(29)</sup>	Terminal	m	Ie, E
Rodriguez <i>et al</i> <sup>(30)</sup>	Terminal	h	Ie, E
Skrelp <i>et al</i> <sup>(31)</sup>	Cerdos gordos eslovacos x Duroc	m	Q, Ie, E
Skrelp <i>et al</i> <sup>(32)</sup>	Large white x Landrace x Duroc	m	Q, Ie, E
Stupka <i>et al</i> <sup>(33)</sup>	Duroc x (large White x landrace)	m, h	Q, Ie, E
Turkstra <i>et al</i> <sup>(10)</sup>	(Deutch Landrace x Finnish Landrace) x Large White	m	Q, Ie, Ia, E
Van den Broeke <i>et al</i> <sup>(34)</sup>	Terminal	m, h	Q, Ie, Ia, E
Weiler <i>et al</i> <sup>(35)</sup>	Terminal	m, h	Q, Ie, E
Yuan <i>et al</i> <sup>(36)</sup>	Duroc (Landrace x LargeWhite)	m	Q, Ie
Zoels <i>et al</i> <sup>(14)</sup>	Piétrain x Large White x Landrace	m	Q, Ie, Ia, E

\*sexo: m=machos, h=hembras; Grupo experimental: Q= castración quirúrgica, Ie= inmunocastración estándar, Ia= inmunocastración alternativa; E=enteros.

Los grupos para el análisis fueron:

Enteros: cerdos que permanecieron sin ningún tipo de intervención durante el periodo de producción.

Castración quirúrgica: cerdos a los que se les retiraron los testículos de forma quirúrgica, antes de los 7 días de vida.

Inmunocastración estándar: cerdos a los que se les aplicó el protocolo de inmunización según lo indicado por el fabricante, dos dosis vía subcutánea, alrededor de las 12 y 16 semanas de vida.

Inmunocastración alternativa: cerdos a los que se aplicó el protocolo de inmunización a edades distintas a la estándar o con un intervalo mayor entre cada dosis.

### **Categorías de análisis**

El análisis de la información se dividió en dos momentos:

- a) Periodo de producción: descrito por los indicadores de consumo de alimento, el índice de conversión alimenticia y la ganancia diaria de peso.
- b) Proceso de medición de la canal: descrito por los indicadores de peso al rastro, peso de la canal caliente y rendimiento de la canal.

De la identificación y descripción de las categorías de análisis se establecieron las siguientes comparaciones para el análisis de la información en cada uno de los indicadores mencionados:

C1: castración quirúrgica vs enteros.

C2: inmunocastración estándar vs enteros.

C3: inmunocastración estándar vs castración quirúrgica.

C4: inmunocastración alternativa vs enteros.

C5: inmunocastración alternativa vs castración quirúrgica.

C6: inmunocastración alternativa vs inmunocastración estándar.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico utilizado para síntesis de resultados de diferentes estudios sobre el efecto los protocolos de castración de los indicadores del periodo productivo y del proceso de medición de la canal, se realizó usando el software NCSS® (NCSS Statistical System for Windows, Kaysville, UT: Number Cruncher Statistical Systems, 2021), obteniendo medias de dispersión a partir de los valores de medias, desviación estándar y número de observaciones de cada indicador bajo estudio, se aplicó un modelo de efectos aleatorios,

donde se probaron la hipótesis de heterogeneidad, la diferencia estándar media del efecto, su intervalo de confianza ( $\alpha= 0.05$ ), la decisión se respaldó por pruebas de Ji cuadrada<sup>(18)</sup>.

## **Resultados**

El Cuadro 2 muestra las comparaciones, el resultado de las diferencias de medias se orienta al primer protocolo de análisis de cada una de ellas.

### **Indicadores del periodo de producción**

Para el indicador de consumo de alimento se observó que los protocolos de inmunocastración alterno (C4 y C5), castrados quirúrgicos (C1 y C3) e inmunización estándar (C2 y C6), obtuvieron el mayor consumo de alimento (Cuadro 2). Los animales dentro de los dos protocolos de inmunización tuvieron mayor consumo que los castrados (C3 y C5). Finalmente, entre los protocolos de inmunización, el estándar fue el que presentó mayor consumo.

Para la conversión alimenticia (Cuadro 2), el protocolo de cerdos enteros obtuvo el mejor valor (C1, C2 y C4), seguido de la inmunocastración estándar (C3 y C6) y el protocolo de castración quirúrgico (C5).

La ganancia diaria de peso (Cuadro 2), el protocolo de inmunización estándar presentó mejor resultado (C2, C3 y C6), seguido por el protocolo de inmunización alterno (C4 y C5) y los cerdos enteros (C1).

### **Indicadores del proceso de medición de la canal**



**Cuadro 2:** Resultados del análisis de los indicadores por cada comparación

<b>C1 Castración quirúrgica vs enteros</b>					<b>C4 Inmunocastración alternativa vs enteros</b>				
Variable	n	Diferencia de medias ± SE	Límites de coeficientes (95%)	P	Variable	n	Diferencia de medias ± SE	Límites de coeficientes (95%)	P
Consumo de alimento, kg	16	0.23 ± 0.03	(0.16; 0.29)	0.01	Consumo de alimento, kg	8	0.32 ± 0.09	(0.13; 0.51)	0.01
Conversión alimenticia, kg:kg	13	0.27 ± 0.04	(0.20; 0.34)	0.01	Conversión alimenticia, kg:kg	5	0.11 ± 0.15	(-0.18; 0.40)	0.01
Ganancia diaria de peso, g	15	-9.54 ± 16.62	(-42.12; 23.03)	0.01	Ganancia diaria de peso, g	8	107.63 ± 58.75	(-7.52; 222.78)	0.01
Peso al rastro, kg	14	4.11 ± 3.35	(-2.45; 10.68)	0.01	Peso al rastro kg	5	0.09 ± 1.36	(-2.56; 2.76)	0.01
Peso canal caliente, kg	17	1.23 ± 0.51	(0.22; 2.24)	0.01	Peso canal caliente, kg	6	1.03 ± 0.86	(-0.66; 2.72)	0.01
Rendimiento canal, %	9	0.33 ± 0.52	(-0.69; 1.35)	0.97	Rendimiento canal %	6	-0.22 ± 0.63	(-1.46; 1.01)	0.94
<b>C2 Inmunocastración estándar vs enteros</b>					<b>C5 Inmunocastración alternativa vs castración quirúrgica</b>				
Consumo de alimento, kg	17	0.23 ± 0.08	(0.08; 0.38)	0.01	Consumo de alimento, kg	5	0.11 ± 0.12	(-0.13; 0.34)	0.01
Conversión alimenticia, kg:kg	15	0.05 ± 0.04	(-0.0; 0.13)	0.01	Conversión alimenticia, kg:kg	5	-0.19 ± 0.14	(-0.56; 0.08)	0.01
Ganancia diaria de peso, g	21	39.08 ± 11.37	(16.79; 61.34)	0.01	Ganancia diaria de peso, g	6	69.14 ± 32.67	(5.10; 133.18)	0.01
Peso al rastro, kg	21	1.24 ± 0.59	(0.07; 2.42)	0.01	Peso al rastro, kg	7	1.28 ± 0.50	(0.29; 2.27)	0.01
Peso canal caliente, kg	25	0.85 ± 0.47	(-0.06; 1.76)	0.01	Peso canal caliente, kg	7	-0.42 ± 0.44	(-1.28; 0.44)	0.01
Rendimiento canal, %	12	-0.68 ± 0.46	(-1.58; 0.22)	0.99	Rendimiento canal, %	4	-0.10 ± 0.75	(-1.58, 1.37)	0.89
<b>C3 Inmunocastración estándar vs castración quirúrgica</b>					<b>C6 Inmunocastración alternativa vs inmunocastración estándar</b>				
Consumo de alimento, kg	12	-0.05 ± 0.07	(-0.19; 0.09)	0.01	Consumo de alimento, kg	6	- 0.09 ± 0.11	(-0.31; 0.12)	0.01

Conversión alimenticia, kg:kg	10	$-0.16 \pm 0.03$	(-0.23; -0.09)	0.01	Conversión alimenticia, kg:kg	7	$0.11 \pm 0.07$	(-0.03; 0.24)	0.01
Ganancia diaria de peso, g	14	$40.70 \pm 12.18$	(17.03; 64.77)	0.01	Ganancia diaria de peso, g	1	$-53.00 \pm$	(-100.66; -	0.01
Peso al rastro, kg	14	$1.21 \pm 0.53$	(0.16; 2.25)	0.01	Peso al rastro, kg	2	24.32	5.34)	0.01
Peso canal caliente, kg	17	$0.46 \pm 0.69$	(-0.90; 1.81)	0.01	Peso canal caliente, kg	9	$0.47 \pm 2.07$	(-3.58; 4.53)	0.01
Rendimiento canal, %	9	$-0.66 \pm 0.52$	(-1.68; 0.35)	0.45	Rendimiento canal, %	9	$1.02 \pm 1.67$	(-2.25; 4.30)	0.01
						9	$0.29 \pm 0.52$	(-0.72; 1.31)	0.76

El peso final mostró indicadores favorables para la inmunización alternativa en C4, C5 y C6 (Cuadro 2), seguido por la Inmunización estándar en C2 y C3, y la castración quirúrgica (C1). Al analizar el peso de la canal caliente el mayor peso se observó en el protocolo de inmunización estándar (C2 y C3), seguido por el protocolo de inmunización alternativo (C4 y C6), y la castración quirúrgica (C1 y C5).

Contrario al peso final y al peso de la canal caliente, la respuesta observada en el análisis de rendimiento de la canal mostró que el protocolo de castración quirúrgica obtuvo mayor porcentaje en C1, C3 y C5. Por otro lado, los cerdos enteros muestran mayor rendimiento en C2 y C4, dejando únicamente al protocolo de Inmunización alternativa con indicador favorable en C6.

Las figuras 4 y 5 representan el comportamiento heterogéneo ( $P < 0.05$ ) en el análisis del protocolo de inmunización alternativo en C4, C5 y C6. En ambos casos se observa incremento en resultados favorables a la aplicación la inmunización alternativa.

## Discusión

La respuesta de los indicadores analizados se explica a partir de los resultados de un animal entero, considerado como el ideal productivo por sus cualidades metabólicas y el efecto sobre la canal<sup>(37)</sup>.

### Indicadores del periodo de producción

#### Consumo de alimento

La cantidad de alimento consumido está regulado por el centro de saciedad, el cual responde a las concentraciones séricas de leptinas, producidas por los adipocitos. Diversos factores pueden modificar el consumo como son: la presentación y formulación del alimento, el estado físico y fisiológico del individuo, y la actividad física y social dentro del grupo<sup>(38)</sup>.

Considerando que el estado físico y fisiológico del animal modifica el consumo de alimento, la castración quirúrgica o la inmunocastración son protocolos que alteran este indicador, siendo que la castración quirúrgica incrementa el consumo, debido al incremento de la concentración sérica de leptinas, 2.97 ng/ml, por la redistribución e incremento del tejido adiposo tras el retiro de las gónadas<sup>(39,40)</sup>, las cuales saturan e inhiben el centro de saciedad ubicado en sistema nervioso central<sup>(41)</sup>. En cerdos inmunocastrados las concentraciones séricas de leptinas se mantienen similares a las de los cerdos enteros (2.68 ng/ml), por lo que la saciedad no se ve alterada<sup>(15)</sup>.

Así mismo, la interrupción del eje hipotalámico-hipofisario-gonadal al retirar las gónadas afecta los hábitos de consumo y saciedad que también se ven influenciados por hormonas sexuales, en especial los estrógenos, los cuales al retirar los testículos no se aromatizan quedando el estrógeno producido por el tejido adiposo en bajas concentraciones, 0.34 pg/ml, mostrando resistencia a la glucosa y mayor consumo de alimento<sup>(42)</sup>. La concentración de estradiol disminuye en cerdos inmunizados, 0.37 pg/ml, sin embargo, su efecto puede variar dependiendo de la edad en que se aplique la segunda dosis<sup>(43)</sup>.

Otro elemento a considerar es la actividad física y social dentro del grupo, la cual modifica el consumo, donde los cerdos enteros muestran mayor actividad sexual, dominancia y competitividad por el alimento, lo que reduce el consumo<sup>(37)</sup>. La inmunocastración y castración quirúrgica disminuyen la presencia de andrógenos, reduciendo la actividad sexual y de dominancia en los cerdos, dentro de ellos los cerdos inmunocastrados incrementan su consumo<sup>(15)</sup>.

Con respecto a los protocolos de inmunización, los estudios no reportan diferencias, contrario a lo expuesto en este trabajo, donde la variabilidad en el momento de aplicación de las inmunizaciones alternativas puede alterar la respuesta de consumo<sup>(23)</sup>.

### **Conversión alimenticia**

La mejor conversión alimenticia se establece como la que tiene el menor consumo de alimento en relación con la producción de un kilogramo de carne; entre los factores que la pueden modificar se tienen al estado físico y fisiológico del cerdo.

La somatotropina es uno de los elementos requeridos para el desarrollo muscular, la cual es alterada si el estado físico cambia<sup>(41)</sup>, esto debido a la reducción sérica de IGF-1 en cerdos castrados a 256 ng/ml, relacionado con la reducción de estradiol, alterando los mecanismos de crecimiento y desarrollo muscular<sup>(43)</sup>. En cerdos inmunizados la concentración de IGF-1 llega a 332 ng/ml, en comparación a valores en cerdos enteros, 459 ng/ml<sup>(43)</sup>.

En la segunda dosis en el protocolo de inmunización alternativa tardía, el valor de la conversión alimenticia incrementa, por lo que la edad de aplicación es un factor relevante al permitir que los mecanismos fisiológicos permanezcan durante más tiempo<sup>(15,44)</sup>.

### **Ganancia diaria de peso**

Los mecanismos y estado fisiológicos, la actividad física y social de los cerdos son algunos de los factores que influyen en la ganancia de peso. El aprovechamiento de los nutrientes en la dieta promueve el crecimiento y desarrollo de los tejidos, ejemplo de ello son las masas musculares que responden a la presencia de lisina, con una retención de nitrógeno en músculo de 31.24 g/día<sup>(45,46)</sup>. La castración quirúrgica permite retención del 25.51 g/día de nitrógeno, mientras que en cerdos inmunocastrados retienen 22.95 g/día<sup>(45,47,48)</sup>.

La actividad física de los cerdos enteros es más dinámica considerando la jerarquización dentro de los grupos, así como la competencia en consumo de alimento, considerando además que, al acercarse la edad de pubertad, la incidencia de las agresiones incrementa<sup>(37)</sup>.

En el caso de los cerdos castrados quirúrgicamente la actividad física y demanda energética es menor, sin embargo, la competencia por el consumo de alimento prevalece y en algunos casos incrementa debido a la alteración en los centros de saciedad. En cerdos inmunizados el incremento en este indicador responde a la reducción de agresiones y actitudes de dominancia entre los cerdos, permitiendo un consumo homogéneo de alimento y así como una menor necesidad de sanar heridas y lesiones<sup>(41)</sup>.

## **Indicadores del proceso de medición de la canal**

### **Peso al rastro**

Al terminar el ciclo de producción, el peso final de los animales dependerá del estado físico y la edad de matanza; cabe resaltar que el resultado está relacionado con el índice de conversión alimenticia y la ganancia diaria de peso, así como los mecanismos metabólicos de estos indicadores. El ciclo productivo de los cerdos para el abasto suele durar aproximadamente de entre 20 a 22 semanas, es en este periodo que el cerdo entero alcanza un peso promedio de 110 kg, atribuido a su eficiencia metabólica, considerando que gran parte de este valor corresponde a masa muscular<sup>(38)</sup>.

Los cerdos bajo protocolo de castración quirúrgica incrementan el peso al final, por la redistribución y crecimiento del tejido adiposo, en especial la grasa subcutánea<sup>(49)</sup>. El peso de los cerdos inmunocastrados involucra un desarrollo muscular similar al de los cerdos enteros, una mayor cobertura grasa sin alcanzar las del protocolo de castración quirúrgica, un consumo homogéneo de alimento, aprovechamiento metabólico y mayor ganancia de peso por el comportamiento dócil<sup>(41)</sup>.

### **Peso de canal caliente**

Tras la matanza, el proceso de retiro de la cabeza y las vísceras se obtiene la canal, el peso está conformado por la morfología del cerdo, así como cantidad de grasa que contiene y su relación con los músculos. La canal de los cerdos enteros es más magra al contar con poca grasa de cobertura e intermuscular, además de la reducción del 1.4 % de peso correspondiente a los testículos<sup>(50)</sup>, lo que coincide con los resultados de meta-análisis del año 2012<sup>(15)</sup>.

En las canales de cerdos castrados quirúrgicamente, la cantidad de grasa de cobertura e intermuscular aumentan el peso, además de que la diferencia del peso final no se ve afectada por el retiro del aparato reproductor<sup>(41)</sup>.

En cerdos inmunizados la cobertura de grasa es mayor a la de los cerdos enteros y menor a la de cerdos castrados quirúrgicamente, tienen mejor respuesta metabólica después de la segunda dosis y permite el crecimiento y desarrollo muscular de forma similar a la que lo hace un cerdo entero<sup>(51)</sup>. Los protocolos de inmunización alternativos tienen mejor respuesta sobre todo en inmunización tardía o con un intervalo mayor entre la primer y segunda dosis<sup>(19)</sup>.

### **Rendimiento de la canal**

La relación entre el peso vivo y el peso de la canal, así como el número de cortes que se pueden obtener y el peso de estos, determinan el rendimiento de la canal, que se ve influenciado por la cantidad de grasa inter e intramuscular, así como la relación entre el volumen de las piezas cárnicas y grasa de cobertura<sup>(52)</sup>. Hay que considerar que algunos factores externos pueden influir en la expresión porcentual del rendimiento como lo son el ayuno previo a la matanza, el transporte y la duración de trayecto.

En el caso de los cerdos castrados quirúrgicamente hay mayor contenido de tejido adiposo intermuscular, dando mayor peso a los cortes a pesar de que el número de cortes en cerdos enteros es mayor por la longitud de la canal<sup>(53)</sup>.

Los cerdos inmunizados de ambos protocolos de aplicación, el volumen cárnico es menor en comparación de cerdos enteros, así como al conjunto de carne y grasa intermuscular desarrollada en los castrados quirúrgicos, por lo que su rendimiento es menor<sup>(15,16)</sup>.

## **Conclusiones e implicaciones**

En conclusión, el meta-análisis de diferentes protocolos de castración en cerdos, bajo condiciones experimentales muestra que los cerdos inmunocastrados, en protocolo de aplicación estándar y alternativo, son más eficientes en los indicadores de consumo y ganancia de peso, así como el peso vivo y de la canal caliente. Se observa mayor rendimiento de la canal en el protocolo de castración quirúrgica. Los cerdos enteros tienen mejor conversión alimenticia. Existen diferencias entre la inmunización estándar y la alternativa en los indicadores de producción y medición de la canal.

Es importante considerar que la edad de la inmunocastración modifica los resultados en los indicadores productivos. Los protocolos de castración exhiben diferentes efectos en la producción porcina, dependiendo del tipo y la edad en la que estos se apliquen. La ausencia de hormona liberadora de gonadotropinas y la concentración de andrógenos modifican la respuesta fisiológica del desempeño productivo. La inmunocastración estándar mejora la respuesta de los rasgos del proceso de producción porcina. La inmunocastración alternativa

mejora la respuesta de los rasgos de la canal. El protocolo alternativo de inmunocastración requiere de más investigación con respecto a la edad de aplicación y los efectos a obtener.

### **Agradecimientos y conflictos de interés**

Este estudio forma parte del proyecto de tesis doctoral de Humberto R. Silva Santos, como parte del programa de Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, de la Universidad Nacional Autónoma de México. El financiamiento se realizó con el proyecto PAPIIT. IN216921. No existe conflicto de intereses por parte de los autores. Al CONAHCyT, por la beca de estudios otorgada para sus estudios.

### **Literatura citada:**

1. Mainau E, Tample D, Manteca X. Efecto de la castración en el bienestar del ganado porcino. FAWEC 2013;5):<http://www.fawec.org/es/fichas-tecnicas/22-ganado-porcino/17-efecto-de-lacastracion-en-el-bienestar-del-ganado-porcino>. Consultado 12 Ene, 2023.
2. Llamas MS, Boyle LA, Lynch PB, Arkins S. Effect of surgical castration on the behavioural and acute phase responses of 5-day-old piglets. *Appl Anim Behav Sci* 2008;(111):133–145.
3. 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. 1. *J Anim Sci* 1994;(72):14–20.
4. Deslandes B, Garie C, Houde A. Review of microbiological and biochemical effects of skatole. *Livest Prod Sci* 2001;(71):193–200.
5. Hennessy D, Ma C, Liu Z, Wu Q, Yang H. The growth performance of male pigs vaccinated with the boar taint vaccine, Improvac® and the effects on boar taint assessment. *Proceedings of the 55th International Congress of Meat Science and Technology*. Copenhagen, Denmark. 2009.
6. Pfizer. Technical bulletin. Pfizer 2008.
7. Brunius C, Zamaratskaia G, Andersson K, Chenc G, Norrby M, Madej A, *et al*. Early immunocastration of male pigs with Improvac® – Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine* 2011;(29):9514– 9520.
8. Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long KA, *et al*. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J Anim Sci* 2000;(78):2524–2535.

9. Grela ER, Kowalczyk-vasilev E, Florek M, Kosior-korzecka U, Ska P. An attempt of implementation of immunocastration in swine production—Impact on meat physicochemical quality and boar taint compound concentration in the meat of two native pig breeds. *Livest Sci* 2020;(232):103905.
10. Turkstra JA, Zeng XY, Diepen JTM, Van-Jongbloed AW, Oonk HB, Van-de-Wiel DFM, *et al.* Performance of male pigs immunised against GnRH is related to the time of onset of biological response. *J Anim Sci* 2002;(80):2953–2959.
11. Daza A, Latorre MA, Olivares A, López Bote CJ. The effects of male and female immunocastration on growth performances and carcass and meat quality of pigs intended for dry-cured ham production: A preliminary study. *Livest Sci* 2016:20-26.
12. Lealiifano AK, Pluske JR, Nicholls RR, Dunshea FR, Campbell RG, Hennessy DP, *et al.* 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. *J Anim Sci* 2011;89(9):2782–2792.
13. Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long KA, *et al.* Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J Anim Sci* 2000;(78):2524–2535.
14. Zoels S, Reiter S, Ritzmann M, Weiß C, Numberger J, Schütz A, *et al.* Influences of immunocastration on endocrine parameters, growth performance and carcass quality, as well as on boar taint and penile injuries. *Animals* 2020;(10):346.
15. Batorek N, Čandek-Potokar M, Bonneau M, Van Milgen J. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal* 2012;6(8):1330–1338.
16. Poulsen Nautrup B, Van Vlaenderen I, Aldaz A, Mah CK. The effect of immunization against gonadotropin-releasing factor on growth performance, carcass characteristics and boar taint relevant to pig producers and the pork packing industry: A meta-analysis. *Res Vet Sci* 2018;(119):182–195.
17. Poulsen Nautrup B, Van Vlaenderen I, Mah CK. The effect of immunization against gonadotropin-releasing factor in market gilts: Meta-analyses of parameters relevant for pig producers, pork packers and retailers/consumers. *Res Vet Sci* 2020;(131):159–172.
18. NCSS. Meta-analysis of means, Chapter 455. NCSS Statistical Software NCSS.com. 2022.



19. Andersson K, Brunius C, Zamaratskaia G, Lundström K. Early vaccination with Improvac®: Effects on performance and behaviour of male pigs. *Animal* 2012;(6):87–95.
20. Channon HA, D'souza DN, Dunshea FR. Validating post-slaughter interventions to produce consistently high quality pork cuts from female and immunocastrated male pigs. *Meat Sci* 2018;(142):14-22.
21. Di Martino G, Scollo A, Garbo A, Lega F, Stefani AL, Vascellari M, *et al.* Impact of sexual maturity on the welfare of immunocastrated vs entire heavy female pigs. *Animal* 2018;l(12-8):1631-1637.
22. Font M, García JA, Díaz I, Hortós M, Velarde A, Oliver MA, *et al.* Efecto de la inmunocastración de cerdos en las características de calidad de canal y carne, los niveles de androstenona y escatol y la composición en ácidos grasos. *Mundo Ganadero* 2009.
23. 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.
24. Gamero-Negrón R, Sánchez del Pulgar J, García C. Immune-spaying as an alternative to surgical spaying in Iberian × Duroc females: Effect on quality characteristics and fatty acid profile in dry-cured shoulders and loins. *Meat Sci* 2015;(104):52–57.
25. Gogić M, Radović Č, Čandek-Potokar M, Petrović M, Radojković D, Parunović N, *et al.* Effect of immunocastration on sex glands of male Mangulica (Swallow-bellied Mangalitsa) pigs. *Rev Bras Zootec* 2019;(48):e20180286.
26. Morales JI, Serrano MP, Cámara L, Berrocoso JD, López JP, Mateos GG. Growth performance and carcass quality of immunocastrated and surgically castrated pigs from crossbreds from Duroc and Pietrain sires. *J Anitn Sei* 2013;(91):3955-3964.
27. Oliviero C, Ollila A, Andersson M, Heinonen M, Voutilä L, Serenius T, *et al.* Strategic use of anti-GnRH vaccine allowing selection of breeding boars without adverse effects on reproductive or production performances. *Theriogenology* 2016;85(3):476-482.
28. Pauly C, Spring P, O'doherty JV, Kragten SA, Bee G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal* 2009;3(7):1057-1066.
- 29 Rikard-Bell C, Curtis MA, Van-Barneveld RJ, Mullan BP, Edwards AC, Gannon NJ, *et al.* Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. *J Anim Sci* 2009;87(11):3536-3543.

30. Rodrigues LA, Almeida FRCL, Peloso JV, Ferreira FNA, Allison J, Fontes DO. The effects of immunization against gonadotropin-releasing hormone on growth performance, reproductive activity and carcass traits of heavy weight gilts. *Animal* 2019;13(6):1326-1331.
31. 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.
32. Škrlep M, Batorek N, Bonneau M, Prevolnik M, Kubale V, Čandek-Potokar M. Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech J Anim Sci* 2012;(57):290–299.
33. Stupka R, Čítek J, Vehovský K, Zadinová K, Okrouhlá M, Urbanová D, *et al.* Effects of immunocastration on growth performance, body composition, meat quality, and boar taint. *Czech J Anim Sci* 2017;62(6):249-258.
34. 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(7):2811-2820.
35. Weiler U, Götz M, Schmidt A, Otto M, Müller S. Influence of sex and immunocastration on feed intake behavior, skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. *Animal* 2013;7(2):300-308.
36. Yuan YL, Li JL, Zhang WH, Li C, Gao F, Zhou GH. A comparison of slaughter performance and meat quality of pigs immunised with a gonadotrophin-releasing factor vaccine against boar taint with physically castrated pigs. *Animal Prod Sci* 2012;52(10):911-916.
37. Bee G, Chevillon P, Bonneau M. Entire male pig production in Europe. *Anim Prod Sci* 2015;55(12):1347-1359.
38. Xue JL, Dial GD, Pettigrew JE. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review. *J Swine Health Prod* 1997;(1):21-28.
39. Fettman MJ, Stanton CA, Banks LL, Hamar DW, Johnson DE, Hegstad RL, *et al.* Effects of neutering on bodyweight, metabolic rate and glucose tolerance of domestic cats. *Res Vet Sci* 1997;(62):131–136.
40. Laflamme DP. Understanding and managing obesity in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim. Pract* 2006;36(6):1283–1295.

41. Bonneau M, Weiler U. Pros and cons of alternatives to piglet castration: welfare, boar taint, and other meat quality traits. *Animals* 2019;9(11):884.
42. Cooke PS, Nanjappa MK, Ko C, Prins GS, Hess RA. Estrogens in male physiology. *Physiol Rev* 2017;97(3):995–1043.
43. Brunius C, Zamaratskaia G, Andersson K, Chenc G, Norrby M, Madej A, *et al.* Early immunocastration of male pigs with Improvac® – Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine* 2011;(29):9514–9520.
44. EFSA. Welfare aspects of the castration of piglets. Scientific Report of the Scientific Panel for Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to welfare aspects of the castration of piglets. European Food Safety Authority AHAW/04-087, 2004.
45. Metz C, Hohl K, Waidelich S, Drochner W, Claus R. Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention. *Livest Prod Sci* 2002;74(2):147–157.
46. Aymerich P, Tokach MD, Dritz SS, Gasa J, Coma J, Solà-Oriol D. Lysine requirements of finishing boars and gilts: A meta-analysis. *Animal* 2021;15(5):100218.
47. Lundström K, Matthews KR, Haugen J. Pig meat quality from entire males. *Animal* 2009;(3):1497–1507.
48. Van den Broeke A, Aluwé M, Kress K, Stefanski V, Škrlep M, Batorek N, *et al.* Effect of dietary energy level in finishing phase on performance, carcass and meat quality in immunocastrates and barrows in comparison with gilts and entire male pigs. *Animal* 2022;16(1):100437.
49. Huber L, Squires EJ, Mandell IB, de Lange CFM. Age at castration (surgical or immunological) impacts carcass characteristics and meat quality of male pigs. *Animal* 2017;12(03):648–656.
50. Morales J, Gispert M, Hortos M, Pérez J, Suárez P, Piñeiro C. Evaluation of production performance and carcass quality characteristics of boars immunized against gonadotropin-releasing hormone (GnRH) compared with physically castrated male, entire male and female. *Span J Agric Res* 2010;(8):599–606.
51. Pauly C, Luginbühl W, Ampuero S, Bee G. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted—Results of a meta-analysis study. *Meat Sci* 2012;(92):858–862.
52. USDA. User’s guide to USDA’s pork carcass cutout. United States Department of Agriculture, Agricultural marketing service. January, 2022.

53. Ray FK. Pork carcass evaluation and procedures. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University. 2004.