

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ÓRGANOS REPRODUCTIVOS Y DE LA CANAL DE CERDOS INMUNOCASTRADOS

Ricardo Gallegos-Lara, Alma Delia Alarcón-Rojo, Iván Adrián García-Galicia,
José Guadalupe Gamboa-Alvarado y Eduardo Santellano-Estrada

RESUMEN

Para evaluar el comportamiento productivo, características de los órganos reproductivos y la canal, fueron utilizados 40 lechones, 20 castrados quirúrgicamente (CQ) y 20 inmunocastrados (IM). La ganancia diaria de peso (GDP) fue mayor en los cerdos IM después de la revacunación, característica que incrementó el peso vivo (PV) en las semanas 22, 23 y 24 de edad ($P < 0,01$), peso al sacrificio (PS, $P < 0,05$) y peso de la canal caliente (PCC; $P < 0,05$). La conversión alimenticia (CA) fue menor en cerdos IM después de la primera inmunización ($P < 0,01$) debido a la mayor concentración plasmática de testosterona después de este evento y su tendencia a permanecer alta después de la revacunación. Los órganos reproductivos de los cerdos IM fueron similares a los reportados en estudios

previos que confirman su atrofia. El espesor de grasa en el Gluteo medius fue similar ($P > 0,05$) entre tratamientos. El número de lesiones cutáneas (LES) también fue similar ($P > 0,05$) debido a la similar incidencia de peleas reportada. Los cerdos IM mostraron mayor largo de la pierna (LP), largo del jamón (LJ), circunferencia del tarso (CT; $P < 0,05$) y largo de la mano (LM; $P < 0,01$) debido al efecto anabólico de las hormonas testiculares y al incremento de la concentración sanguínea de hormona de crecimiento (GH) después de la revacunación. La inmunocastración favorece la CA después de la primera inmunización, y mayor PV y GDP después de la revacunación, así como algunas características de la canal de importancia económica tales como PCC y LJ.

Introducción

Actualmente, la castración quirúrgica y la inmunocastración son los métodos más prácticos para prevenir el olor sexual en la carne de cerdo, defecto que disminuye su aceptación por el consumidor. La castración quirúrgica es realizada en lechones a edad temprana (Fàbrega *et al.*, 2010); sin embargo, su práctica afecta negativamente el bienestar animal (Giersing *et al.*, 2006), favorece el riesgo de infección (Prunier *et al.*, 2006), la incidencia de inflamaciones crónicas (De Kruijff y Welling, 1988) e

incrementa el porcentaje de grasa en la canal (Dunshea *et al.*, 1993; Fuchs *et al.*, 2009). La supresión de la función testicular mediante vacunación contra la GnRH, también conocida como inmunocastración (Zamaratskaia *et al.*, 2008) o castración inmunológica (Zamaratskaia *et al.*, 2009) es considerada amigable con el bienestar animal y permite aprovechar las ventajas productivas de los machos enteros (Dunshea *et al.*, 2001). La técnica consiste en vacunar vía subcutánea detrás de la oreja una GnRH sintética acoplada a una proteína transportadora

(Improvac® Zoetis; antes Pfizer Animal Health). Esta práctica es relevante debido al creciente debate en torno a la prohibición de la castración quirúrgica (Zamaratskaia *et al.*, 2008) y la aprobación de la inmunocastración en la Unión Europea y los EEUU, lo que ha favorecido su evaluación (Gispert *et al.*, 2010; Fredriksen *et al.*, 2011). No obstante, diferencias experimentales han provocado resultados inconsistentes en variables del comportamiento productivo y características de la canal (Metz y Claus, 2003; Skrlep *et al.*, 2010). Asimismo, es importante

confirmar la atrofia de los órganos reproductivos en los cerdos inmunocastrados (IM) para asegurar la obtención de carne libre de olor sexual. La información disponible de las características morfométricas de la canal en cerdos de líneas comerciales actuales es escasa y no existen reportes en cerdos IM; sólo han sido descritas en cerdos destinados a la industria de productos curados (Peinado *et al.*, 2004; Serrano *et al.*, 2008). Adicionalmente, el comportamiento del espesor de grasa en diferentes puntos de la canal en los cerdos IM es inconsistente, existe escasa

PALABRAS CLAVE / Calidad de la Canal / Cerdos / Inhibición del GnRH / Inmunocastración / Órganos Reproductivos /

Recibido: 05/08/2014. Modificado: 15/09/2015. Aceptado: 21/09/2015.

Ricardo Gallegos-Lara. Licenciado en Zootecnia, Universidad del Mar, México. Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), México. Profesional en industria privada, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), México.

Alma Delia Alarcón-Rojo. Ingeniera Química, UACH, México. M.S. y Ph.D. en Bioquímica, University of

Nottingham, RU. Profesora Investigadora, UACH, México. Dirección: Laboratorio de Bioquímica, Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. Perif. Francisco R. Almada km 1. Chihuahua, Chih., México, 31453. e-mail: aalarcon@uach.mx

Iván Adrián García-Galicia. Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestro

en Ciencias en Nutrición Animal, UACH, México. Ph.D. en Ciencias de la Carne, University of Bristol, RU. Profesor Investigador, UACH, México.

José Guadalupe Gamboa-Alvarado. Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Autónoma Antonio Narro, México. Maestro en Ciencias y Doctor en Producción Animal, UACH, México. Profesor

Investigador, Universidad del Mar, México.

Eduardo Santellano-Estrada. Ingeniero Agrónomo Zootecnista, UACH, México. Maestro en Ciencias en Producción Animal Tropical, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Doctor en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Posgraduados, México. Profesor Investigador, UACH, México.

GROWTH PERFORMANCE, REPRODUCTIVE ORGANS AND CARCASS CHARACTERISTICS OF IMMUNOCASTRATED PIGS

Ricardo Gallegos-Lara, Alma Delia Alarcón-Rojo, Iván Adrián García-Galicia, José Guadalupe Gamboa-Alvarado and Eduardo Santellano-Estrada

SUMMARY

To evaluate growth performance, reproductive organs and carcass quality 40 piglets were used, 20 surgically castrated (CQ) and 20 immunocastrated (IM). The daily weight gain (GDP) was higher in IM pigs after revaccination, which increased body weight (PV) at weeks 22, 23 and 24 of age ($P<0.01$), slaughter weight (PS) and hot carcass weight (PCC; $P<0.05$). The feed conversion rate (CA) was lower in IM pigs after the first immunization ($P<0.01$) due to increased plasma testosterone concentration after this event and its tendency to remain high after revaccination. The reproductive organs of IM pigs were similar to those reported in previous studies that

confirm their atrophy. Fat thickness at Gluteus medius was similar ($P>0.05$) between treatments. The number of skin lesions (LES) was also similar ($P>0.05$) due to the similar incidence of fights reported. IM pigs showed greater leg length (LP), ham length (LJ), tarsus circumference (CT, $P<0.05$) and hand length (LM, $P<0.01$) due to the anabolic effect of testicular hormones and increased blood levels of growth hormone (GH) after revaccination. Immunocastration promotes better CA after the first immunization and increased PV and GDP after revaccination, and favors some economically important carcass traits such as PCC and LJ.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CARACTERÍSTICAS DOS ÓRGÃOS REPRODUTIVOS E DA CARÇAÇA DE SUÍNOS INMUNOCASTRADOS

Ricardo Gallegos-Lara, Alma Delia Alarcón-Rojo, Iván Adrián García-Galicia, José Guadalupe Gamboa-Alvarado e Eduardo Santellano-Estrada

RESUMO

Para avaliar o comportamento produtivo, características dos órgãos reprodutivos e a carcaça, foram utilizados 40 leitões, 20 castrados cirurgicamente (CC) e 20 imunocastrados (IM). O ganho diário de peso (GDP) foi maior nos suínos IM depois da revacinação, característica que incrementou o peso vivo (PV) nas semanas 22, 23 e 24 de idade ($P<0,01$), peso ao sacrifício (PS, $P<0,05$) e peso da carcaça quente (PCQ; $P<0,05$). A conversão alimentícia (CA) foi menor em suínos IM depois da primeira imunização ($P<0,01$) devido à maior concentração plasmática de testosterona depois deste evento e sua tendência a permanecer alta depois da revacinação. Os órgãos reprodutivos dos suínos IM foram similares aos relatados em estudos prévios que con-

firman sua atrofia. A espessura de gordura no Gluteos medius foi similar ($P>0,05$) entre tratamentos. O número de lesões cutâneas (LES) também foi similar ($P>0,05$) devido à similar incidência de brigas relatada. Os suínos IM mostraram maior comprimento da perna (CPE), comprimento do presunto (CPR), circunferência do tarso (CT; $P<0,05$) e comprimento da mão (CM; $P<0,01$) devido ao efeito anabólico dos hormônios testiculares e ao incremento da concentração sanguínea de hormônio de crescimento (HC) depois da revacinação. A imunocastração favorece a CA depois da primeira imunização, e maior PV e GDP depois da revacinação, assim como algumas características da carcaça, de importância econômica, tais como PCQ e CPR.

información del espesor de grasa en el *Gluteus medius* y es necesario realizar estudios para determinar el efecto preciso de la inmunocastración sobre ellos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento productivo, características de los órganos reproductivos y de la canal de cerdos IM.

Materiales y Métodos

Dos tratamientos (castración quirúrgica e inmunocastración) fueron asignados al azar a 16 camadas al momento del parto, provenientes de la cruce de machos G performer 6.0 con hembras Fertilis 20 línea Génétiporc. Se utilizaron camadas con diferencia de dos

días de edad. La estandarización de lechones en las primeras horas postparto se realizó entre camadas pertenecientes al mismo tratamiento. La castración quirúrgica se realizó sin anestesia en la primera semana de edad. La inmunocastración consistió en vacunar en dos ocasiones con 400µg de GnRH sintética (Improvac® Zoetis), en las semana 10 y 19 de edad. La segunda dosis se administró 4-5 semanas antes del sacrificio de los animales.

Los lechones fueron destetados a las tres semanas de edad y alojados por tratamiento en corraletas con densidad de 0,25m² por lechón. Al cumplir cinco semanas de edad, se seleccionaron al azar 20 lechones homogéneos de

cada tratamiento de un total de 39 lechones inmunocastrados (IM) y 38 lechones quirúrgicamente castrados (CQ) para ser alojados por tratamiento en corraletas similares. Al cumplir 12 semanas de edad, los cerdos fueron alojados en grupos familiarizados en corrales con densidad de 1,89m² por cerdo. Los animales recibieron régimen alimenticio *ad libitum* con dietas formuladas según los requerimientos nutricionales recomendados (NRC, 1998).

Fueron seleccionados aleatoriamente 15 cerdos de cada tratamiento para evaluar las características de la canal. El envío a sacrificio se realizó en dos bloques, iniciando con los animales más pesados de

acuerdo a la metodología descrita por Fábrega *et al.* (2010) y Gispert *et al.* (2010). El primer bloque se envió a las 23 semanas de edad con ocho cerdos CQ y siete cerdos IM. El segundo bloque se envió a las 24 semanas de edad con siete cerdos CQ y ocho cerdos IM. Los cerdos fueron pesados previo envío a sacrificio. El traslado duró ~40min y se realizó en grupos no familiarizados del mismo tratamiento. El descanso *ante mortem* duró 10-11h, con acceso *ad libitum* a agua para beber. El sacrificio se realizó siguiendo los procedimientos internacionalmente recomendados. Los cerdos recibieron insensibilización eléctrica por 4s y el tiempo entre insensibilización y corte

para desangrado fue de 7 ± 2 s, desangrado de 5 ± 1 min, vertical y escaldado de 3 ± 1 min, todo a $65-66^\circ\text{C}$. El depilado, flameado, eviscerado y lavado tuvo una duración de 8 ± 1 min y el tiempo transcurrido desde el aturdimiento hasta el lavado de la canal fue de 20 ± 1 min.

Comportamiento productivo

Se registró semanalmente el peso vivo (PV) individual y el consumo de alimento por tratamiento de la semana cinco a la 23 de edad. Se determinó la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA) para cuatro periodos: 1) del inicio de la evaluación al momento de la primera inmunización, 2) de la primera a la segunda vacunación, 3) de la revacunación al sacrificio (a las 23-24 semanas de edad), y 4) total.

Características de los órganos reproductivos

Los testículos con epidídimos y las glándulas bulbo-uretrales fueron retirados de la canal en la línea de sacrificio para determinar el peso total (PTT) y longitud promedio de los testículos (LTe), el peso promedio de los epidídimos (PE), y largo promedio (LGB) y peso total de las glándulas bulbo-uretrales (PGB). Se determinó la circunferencia transversal testicular (CTT) en la región media de ambos testículos sin epidídimo y se registró el valor promedio. Se calculó el rendimiento testicular respecto al peso vivo (RTPV) y se estimó el rendimiento testicular respecto al peso de la canal caliente (RTPC).

Características de la canal

Las características de la canal fueron evaluadas a los 45 min *postmortem* en la media canal izquierda. Se registró el peso de la canal caliente (PCC) y el rendimiento de la canal caliente (RCC). El número de lesiones cutáneas (LES) se determinó de acuerdo al procedimiento de MLC (1985). El largo de la canal (LC), largo del jamón (LJ) y

la circunferencia del jamón (CJ) se midieron de acuerdo a la metodología descrita por Latorre *et al.* (2008). El espesor de grasa se midió tomando la medida mínima (EG1) y máxima (EG2) en el *Gluteus medius*, el largo de la pierna (LP), el largo de la mano (LM) y la circunferencia de la muñeca (CM) fueron determinados según lo descrito por Peinado *et al.* (2004). Además se registró el largo (LT) y la circunferencia del tarso (CT).

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el paquete SAS® (SAS, 2006). El modelo estadístico para el comportamiento productivo fue un diseño completamente aleatorizado. La GDP y CA total se evaluaron mediante un análisis de covarianza utilizando el procedimiento GLM, donde cada variable productiva Y_{ij} se analizó en función de la media general μ , el efecto de tratamiento α_i y el PV inicial como covariable. El comportamiento del PV, GDP y CA a través del tiempo (Y_{ij}) se analizó mediante el procedimiento MIXED, donde la covarianza no estructurada (TYPE=UN) ofreció el mejor ajuste de los datos. El tratamiento (α_i), la edad (E_j) y la interacción tratamiento \times edad ($\alpha \times E_{ij}$) se consideraron efectos fijos, considerando las variables como medidas repetidas en el tiempo y el cerdo como efecto aleatorio. La comparación de medias se realizó mediante contrastes ortogonales con la sintaxis CONTRAST.

Las características de los testículos y epidídimos sólo se determinaron en los cerdos IM. Se utilizó el procedimiento MEANS y la sintaxis STDERR para su análisis descriptivo. El modelo estadístico para las características de la canal fue un diseño de bloques completamente aleatorizados, donde el criterio de bloque fue la edad al sacrificio y se consideró la covariable PV inicial. En los casos de las variables PS, PCC, RCC y LJ en que se detectó efecto del bloque, se reportan los

resultados como efecto de la edad al sacrificio. Los resultados se analizaron con el procedimiento GLM y se utilizó la instrucción LSMEANS para la comparación de medias.

Resultados y Discusión

Comportamiento productivo

El comportamiento del PV y la GDP no mostró diferencias ($P > 0,05$) entre tratamientos hasta la semana 19 de edad (Figura 1 y Tabla I). El similar PV entre cerdos CQ e IM al momento de la primera y segunda inmunización coincide con estudios previos (Fábrega *et al.*, 2010; Skrlep *et al.*, 2012). Asimismo, Turkstra *et al.* (2002) y Skrlep *et al.*

(2010) han observado similar GDP en cerdos CQ e IM previo a la revacunación. La inmadurez sexual de los cerdos IM es responsable del similar PV y GDP en relación a los cerdos CQ, condición que ha sido confirmada por la baja concentración plasmática de testosterona en los cerdos IM ($< 0,5\text{ng/ml}$) durante la décima semana de edad; adicionalmente, la concentración plasmática de anticuerpos contra la GnRH es similar en cerdos IM y enteros (< 50 unidades/ml) en el momento de la primera inmunización (Brunius *et al.*, 2011), por lo que el comportamiento del PV y de la GDP de los cerdos IM permanece inalterado hasta la segunda inmunización.

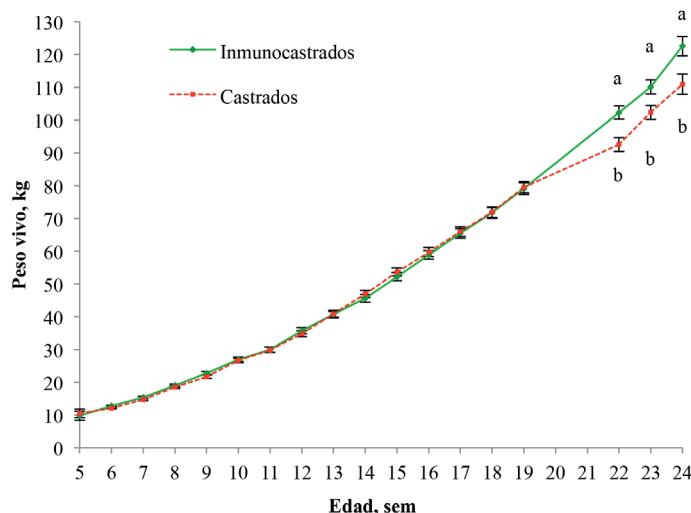


Figura 1. Comportamiento de las medias (\pm error estándar) del peso vivo de cerdos castrados e inmunocastros. a, b: Medias con diferente literal en la misma semana son diferentes ($P < 0,01$).

TABLA I
MEDIAS (\pm ERROR ESTÁNDAR) DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CERDOS CASTRADOS E INMUNOCASTRADOS

Característica	Tratamiento	
	Castrados	Inmunocastros
Ganancia diaria de peso (GDP), g/día		
5-10 semanas	464 \pm 19	488 \pm 19
10-19 semanas	832 \pm 18	834 \pm 18
19-23 semanas	869 \pm 35 b	1135 \pm 35 a
Global	731 \pm 17 b	806 \pm 17 a
Conversión alimenticia (CA)		
5-10 semanas	1,74 \pm 0,08	1,65 \pm 0,08
10-19 semanas	2,76 \pm 0,06 a	2,46 \pm 0,06 b
19-23 semanas	3,66 \pm 0,103 a	2,84 \pm 0,103 b
Global	2,79 \pm 0,1 a	2,43 \pm 0,1 b

Medias con diferente literal en la misma fila son diferentes ($P < 0,01$).

La GDP fue 23% mayor ($P<0,01$) en los cerdos IM después de la revacunación (Tabla I), condición responsable del mayor ($P<0,01$) PV de los cerdos IM en las semanas 22, 23 y 24 de edad (Figura 1). En este sentido, el efecto de la inmunocastración sobre la GDP y el PV ocurre después de la segunda inmunización. Resultados similares han sido reportados por Dunshea *et al.* (2001), Cronin *et al.* (2003), Fuchset *et al.* (2009), Fàbrega *et al.* (2010) y Skrlep *et al.* (2010). Este comportamiento está asociado al incremento de los títulos de anticuerpos contra GnRH (>1200 unidades/ml) en la segunda semana posterior a la revacunación, evento que es acompañado de la disminución del nivel plasmático de testosterona ($<0,1$ ng/ml) y cese de la función testicular (Zamaratskaia *et al.*, 2008; Brunius *et al.*, 2011). Esta condición disminuye la actividad física y el comportamiento sexual, para incrementar el tiempo empleado en el consumo de alimento (Cronin *et al.*, 2003; Mackinnon y Pearce, 2007; Fàbrega *et al.*, 2010) y destinar los nutrientes al crecimiento, eventos que favorecen la mayor GDP después de la revacunación (Dunshea *et al.*, 2001).

La CA para el período comprendido desde el inicio de la evaluación a la primera vacunación fue similar ($P>0,05$) entre cerdos CQ e IM (Tabla I) debido a la inmadurez sexual de los cerdos IM, la cual ha sido confirmada por Brunius *et al.* (2011). La información disponible de la CA previo a la primera inmunización es escasa. La CA fue mayor ($P<0,01$) en los cerdos CQ durante el período comprendido entre la primera y segunda inmunización (Tabla I). La mayor concentración plasmática de testosterona en los cerdos IM ($12,7$ ng·ml⁻¹) respecto a los cerdos CQ ($0,29$ ng·ml⁻¹) a los 55 kg de PV (Dunshea *et al.*, 2001) es responsable de su mayor potencial anabólico durante este período. Después de la revacunación, la CA

continuó siendo mayor ($P<0,01$) en los cerdos CQ (Tabla I) debido a que la concentración plasmática de testosterona permanece alta en los cerdos IM poco tiempo después de la segunda inmunización (Schneider *et al.*, 1998) y permite mantener el potencial anabólico después de la revacunación (Pauly *et al.*, 2009). Asimismo, Metz y Claus (2003) señalan que la mayor GDP y menor CA de los cerdos IM después de la revacunación pueden estar relacionados con los altos niveles plasmáticos de GH, similar al de los machos enteros. En este sentido, la reducción del nivel plasmático de testosterona durante la segunda semana posterior a la revacunación no incrementa la CA (Dunshea *et al.*, 2001).

La GDP total fue mayor ($P<0,01$) en los cerdos IM (Tabla I) debido a su mayor velocidad de crecimiento después de la segunda inmunización. La CA total fue 13% mayor ($P<0,01$) en los cerdos CQ (Tabla I) debido a la menor CA de los cerdos IM después de la primera inmunización. Esta característica de la inmunocastración representa un beneficio económico para los productores de cerdo (Schmoll *et al.*, 2009).

Características de los órganos reproductivos

Una limitante del presente trabajo fue no evaluar las características testiculares en cerdos enteros, por razones de comercialización. Sin embargo, el PTT, la LTe y el PE de los cerdos IM (Tabla II) fueron similares a los reportados en estudios previos (Zamaratskaia *et al.*, 2008; Schmoll *et al.*, 2009; Gispert *et al.*, 2010; Skrlep *et al.*, 2010; Brunius *et al.*, 2011; Einarsson *et al.*, 2011) que confirmaron la disminución de estas características en relación a los machos enteros. La presente investigación es el primer reporte del valor de la CTT (Tabla II). Considerando la disminución del ancho testicular observado por Schneider *et al.* (1998) y

TABLA II
MEDIAS (\pm ERROR ESTÁNDAR) DE LAS CARACTERÍSTICAS AL SACRIFICIO DE LOS TESTÍCULOS Y GLÁNDULAS ACCESORIAS DE CERDOS CASTRADOS E INMUNOCASTRADOS

Característica	Tratamiento	
	Castrados	Inmunocastados
Peso testicular (PTT), g	-	273,0 \pm 15,6
Rendimiento testicular, %	-	0,30 \pm 0,02
Respecto al peso de la canal (RTPC)	-	0,23 \pm 0,01
Respecto al peso vivo (RTPV)	-	8,3 \pm 0,2
Longitud testicular (LTe), cm	-	14,4 \pm 0,4
Circunferencia transversal testicular (CTT), cm	-	27,9 \pm 1,0
Peso del epidídimo (PE), g	-	33,6 \pm 2,5 a
Peso de la glándula bulbo-uretral (PGB), g	4,3 \pm 0,2 b	8,5 \pm 0,5 a
Largo de la glándula bulbo-uretral (LGB), cm	4,7 \pm 0,1 b	

a, b: Medias con diferente literal en la misma fila son diferentes ($P<0,01$).

Schmoll *et al.* (2009) en cerdos IM es posible que la inmunocastración disminuyera la CTT. El PGB y LGB fue menor ($P<0,01$) en los cerdos CQ (Tabla II). La mayor atrofia de las glándulas bulbo-uretrales de los cerdos CQ en relación a cerdos IM ha sido reportado en trabajos previos (Metz *et al.*, 2002; Turkstra *et al.*, 2002; Jaros *et al.*, 2005; Pauly *et al.*, 2009; Skrlep *et al.*, 2010, 2012) donde se observó mayor PGB y LGB en machos enteros, seguido de cerdos IM y en último lugar los cerdos CQ.

Esta reducción de peso y longitud de los órganos reproductivos en los cerdos IM se asocia a baja concentración de los compuestos responsables del olor sexual (Skrlep *et al.*, 2012). Adicionalmente, Dunshea *et al.* (2001) sugieren que los cerdos IM con PTT <350 g y edad al sacrificio de 23 semanas se encuentran libres de olor sexual. En el presente estudio, todos los cerdos IM exhibieron PTT <350 g a las 23 y 24 semanas de edad; por lo que se espera exhiban carne libre este defecto sensorial. La información disponible para el RTPC es escasa; mientras que el RTPV fue similar (Tabla II) al observado por Gispert *et al.* (2010) en cerdos IM (0,25%) que mostraron menor valor de esta característica en comparación con los cerdos enteros (0,66%). Este comportamiento demuestra la posible reducción del RTPC y RTPV en los cerdos de la línea comercial utilizada.

Características de la canal

El peso al sacrificio (PS) fue mayor ($P<0,05$) en los cerdos IM (Tabla III) debido a su mayor GDP después de la revacunación. Estos resultados confirman los hallazgos de otros autores (Cronin *et al.*, 2003; Schmoll *et al.*, 2009; Skrlep *et al.*, 2010). No obstante, estudios recientes (Fuchs *et al.*, 2009; Fàbrega *et al.*, 2010; Gispert *et al.*, 2010) reportan similar PS en cerdos CQ e IM. La variabilidad de respuesta en el PS puede ser resultado de diferentes condiciones experimentales, aunque algunos autores la relacionan con la segunda inmunización (Skrlep *et al.*, 2012). El PCC fue mayor ($P<0,05$) en los cerdos IM debido a su mayor PS (Tabla III). Este comportamiento coincide con Schmoll *et al.* (2009), quienes encontraron menor PCC en los cerdos CQ en relación a los cerdos IM, debido al mayor PS de estos últimos. El RCC fue similar ($P>0,05$) entre tratamientos (Tabla IV). Sin embargo, Dunshea *et al.* (2001), Fuchs *et al.* (2009) y Gispert *et al.* (2010) reportan menor RCC en cerdos IM debido a su mayor GDP en el período de finalización, condición responsable del mayor contenido intestinal. La mayor GDP de cerdos IM en el presente estudio no afectó negativamente el RCC, probablemente porque el incremento de peso fue proporcional en el contenido intestinal y el resto del cuerpo. Los cerdos sacrificados en la semana

TABLA III
 MEDIAS (±ERROR ESTÁNDAR) DE LAS
 CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CERDOS
 CASTRADOS E INMUNOCASTRADOS

Característica	Tratamiento	
	Castrados	Inmunocastrados
Peso al sacrificio (PS), kg	109,0 ±2,6 b	117,6 ±2,7 a
Peso de la canal caliente (PCC), kg	85,1 ±2,3 b	92,0 ±2,4 a
Rendimiento (RCC), %	78,0 ±0,4	78,2 ±0,4
Lesiones cutáneas (LES)	18,0 ±3,6	21,0 ±3,5
Espesor de grasa en GM ² , mm		
Menor (EG1)	9,9 ±0,4	9,5 ±0,3
Mayor (EG2)	16,8 ±0,6	16,3 ±0,5
Largo de la canal (LC), cm	90,4 ±0,6	90,3 ±0,5
Largo de la pierna (LP), cm	52,1 ±0,4 b	53,5 ±0,4 a
Largo del jamón (LJ), cm	39,7 ±0,3 b	40,5 ±0,3 a
Circunferencia del jamón (CJ), cm	62,1 ±0,4	62,8 ±0,5
Largo del tarso (LT), cm	22,7 ±0,3	23,4 ±0,3
Circunferencia del tarso (CT), cm	17,1 ±0,1 b	17,6 ±0,2 a
Largo de la mano (LM), cm	31,4 ±0,3 d	32,7 ±0,3 c
Circunferencia de la muñeca (CM), cm	16,7 ±0,1	17,1 ±0,2

² GM= *Gluteus medius*.

a, b: Medias con diferente literal en la misma fila son diferentes (P<0,05).
 c, d: Medias con diferente literal en la misma fila son diferentes (P<0,01).

24 de edad mostraron mayor PS, PCC y RCC (P<0,01; Tabla IV). Se esperaba que la mayor edad al sacrificio incrementara el PS y el PCC, lo cual ha sido confirmado en estudios previos (Peinado *et al.*, 2008; Galián *et al.*, 2009). El incremento del RCC está asociado al incremento del PS con la edad (Latorre *et al.*, 2004).

El número de LES fue similar (P>0,05) entre tratamientos (Tabla III). Este comportamiento es atribuible a la similar incidencia de peleas en cerdos CQ e IM (Cronin *et al.*, 2003; Rydhmer *et al.*, 2010). El número de LES fue mayor al reportado en cerdos que recibieron transporte y descanso *antemortem* en grupos familiarizados (Dunshea *et al.*, 2001; Fábrega *et al.*, 2010; Skrllep *et al.*, 2012). Sin embargo, estas condiciones no reflejan las condiciones ordinarias en la industria porcina. Adicionalmente, las LES son un indicador de estrés *antemortem* (Turner *et al.*, 2006), por lo que la similar cantidad de LES entre cerdos CQ e IM podría resultar en similar calidad de la carne (Dunshea *et al.*, 2001). El EG1 y EG2 no mostraron diferencias (P>0,05) entre tratamientos (Tabla III). Algunos autores (Metz *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2007) señalan que el depósito

subcutáneo de grasa es similar en cerdos CQ e IM; no obstante, otros autores reportan que el depósito subcutáneo de grasa de los cerdos IM es menor al de los cerdos CQ (Pauly *et al.*, 2009; Schmoll *et al.*, 2009; Gispert *et al.*, 2010; Morales *et al.*, 2010; Skrllep *et al.*, 2012).

La variabilidad de resultados ha sido estudiada en un meta-análisis por Barotek *et al.* (2012) quienes reportan que el impacto de la IM es marcado en desempeño productivo y también en desarrollo de órganos reproductivos. Estos autores analizaron 41 estudios sobre el uso de la IM en cerdos, concluyendo que la principal ventaja de su uso es en el desempeño productivo (principalmente ganancia de peso), mayormente hasta antes de la revacunación. Después de la segunda dosis los cerdos comen más que los machos enteros, resultando en un efecto positivo sobre el tamaño, con valores mejores al compararlos con cerdos CQ y cerdos enteros ($\theta=1,4$ y $1,1$ respectivamente). En ese mismo estudio también se reportó que los órganos reproductores de cerdos IM resultaron de mayor tamaño que los de cerdos CQ ($\theta=-5,0$). Los resultados encontrados en el presente estudio se ajustan a dicho meta-análisis.

El presente estudio reporta como primicia algunas características morfométricas de la canal en cerdos IM, los que mostraron mayores (P<0,05) LP, LJ, CT y (P<0,01) LM (Tabla III). El efecto anabólico de las hormonas testiculares durante el crecimiento y la mayor parte del período de finalización, así como el incremento de la concentración sanguínea de GH después de la revacunación (Claus *et al.*, 1994; Metz y Claus, 2003) pudieron actuar en conjunto para favorecer el incremento de estas características. Asimismo, mayores LP, LJ, CT y LM en los cerdos IM puede estar relacionado con el incremento transitorio de andrógenos en los lechones enteros durante la cuarta semana de edad, condición que favorece la secreción específica de GH (Jansson y Frohman, 1987), mientras que los lechones CQ no experimentan este evento debido a la ausencia de gónadas sexuales. Estos resultados pueden ser comparables con los obtenidos por Gispert *et al.* (2010), quienes reportaron que aquellos cortes de la canal que representaban una alta proporción de músculo se encontraban reducidos en tamaño en cerdos CQ, comparándolos con cerdos IM, y aún más con cerdos enteros, debido a la influencia anabólica de hormonas sexuales sobre crecimiento muscular. Por otro lado, cortes con altas proporciones de tejido óseo no tienen el mismo potencial de crecimiento con las hormonas sexuales. El LC, la CJ, el LT y la CM fueron similares (P>0,05) entre cerdos CQ e

IM (Tabla III). Las modificaciones hormonales de los cerdos IM reportadas en estudios previos (Claus *et al.*, 1994; Metz y Claus, 2003; Brunius *et al.*, 2011) no se reflejan en un incremento de estas características en relación a los cerdos CQ, posiblemente porque algunas, como la LT y la CM, presentan márgenes de variación estrechos. Por otro lado, el LJ fue mayor (P<0,05) en los cerdos sacrificados a mayor edad (Tabla IV). Esta característica podría representar una ventaja para el procesador en la industria porcina, debido al incremento de las dimensiones del jamón.

Conclusiones

La inmunocastración en cerdos favorece parámetros productivos tales como ganancia de peso y conversión alimenticia. Esta práctica además favorece características de la canal de gran importancia económica para la industria porcina, tales como incremento del peso de la canal, del largo de la pierna y del largo del jamón. Los cerdos IM presentan, además, órganos reproductivos atrofiados, lo cual asegura la obtención de carne libre de olor sexual, mejorando su calidad y aceptación en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal del Rancho San Javier S.A. de C.V., particularmente a José Fausto Rodríguez Hernández, por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

TABLA IV
 EFECTO DE LA EDAD AL SACRIFICIO SOBRE LAS
 CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN CERDOS
 CASTRADOS E INMUNOCASTRADOS

Característica	Edad al sacrificio, sem.	
	23	24
Peso al sacrificio (PS), kg	109,4 ±2,5 b	117,2 ±2,5 a
Peso de la canal caliente (PCC), kg	84,7 ±2,2 b	92,4 ±2,1 a
Rendimiento (RCC), %	77,4 ±0,3 b	78,8 ±0,4 a
Largo del jamón (LJ), cm	39,6 ±0,3 d	40,5 ±0,3 c

a, b: Medias con diferente literal en la misma fila son diferentes (P<0,01).
 c, d: Medias con diferente literal en la misma fila son diferentes (P<0,05).

REFERENCIAS

- Batorek N, Candek-Potokar, 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: 1330-1338.
- Brunius C, Zamaratskaia G, Andersson K, Chen G, Norrby M, Madej A, Lundstrom K (2011) Early immunocastration of male pigs with Improvac® - Effect on boar taint hormones and reproductive organs. *Vaccine* 29(51): 9514-9520.
- Claus R, Weiler U, Herzog A (1994) Physiological aspects of androstenedione and skatole formation in the boar: A review with experimental data. *Meat Sci.* 38: 239-305.
- Cronin GM, Dunshea FR, Butler K, Mccauley I, Barnett JL, Hemsworth PH (2003) The effects of immuno and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81: 111-126.
- De Kruijf JM, Welling AA (1988) Chronic inflammatory disease in gilts and castrated boars. *TijdschrDiergeneeskd* 113: 415-417.
- Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, Mccauley I, Jackson P, Long KA, Lopaticki S, Nugent EA, Simons JA, Walker J, Hennessy DP (2001) Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J. Anim. Sci.* 79: 2524-2535.
- Dunshea FR, King RH, Campbell RG, Sainz RD, Kim YS (1993) Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. *J. Anim. Sci.* 71: 2919-2930.
- Einarsson S, Brunius C, Wallgren M, Lundstrom K, Andersson K, Zamaratskaia G, Rodríguez-Martínez H (2011) Effects of early vaccination with Improvac® on the development and function of reproductive organs of male pigs. *Animal Reprod. Sci.* 127: 50-55.
- Fàbrega E, Velarde A, Cros J, Gispert M, Suárez P, Tibau J, Soler J (2010) Effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone using Improvac® on growth performance body composition behaviour and acute phase proteins. *Livest. Sci.* 132: 53-59.
- Fredriksen B, Sibeko JAM, Skuterud E (2011) Consumer attitudes towards castration of piglets and alternatives to surgical castration. *Res. Vet. Sci.* 90: 352-357.
- Fuchs T, Nathues H, Koehrmann A, Andrews S, Brock F, Sudhaus N, Klein G, Beilage EG (2009) A comparison of the carcass characteristics of pigs immunized with a 'gonadotropin-releasing factor (GnRF)' vaccine against boar taint with physically castrated pigs. *Meat Sci.* 83: 702-705.
- Galián M, Poto A, Peinado B (2009) Carcass and meat quality traits of the Chato Murciano pigs slaughtered at different weights. *Livest. Sci.* 124: 314-320.
- Giersing M, Ladewig J, Forkman B (2006) Animal welfare aspect of preventing boar taint. *Acta Vet. Scand.* 48(Suppl 1): S3.
- Gispert M, Oliver MA, Velarde A, Suarez P, Pérez J, Font I, Furnols M (2010) Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male surgically castrated male entire male and female pig. *Meat Sci.* 85: 664-670.
- Jansson JO, Frohman LA (1987) Differential effects of neonatal and adult androgen exposure on the growth hormone secretory pattern in male rats. *Endocrinology* 120: 1551-1557.
- Jaros P, Burgi E, Starrk KDC, Claus R, Hennessy D, Thun R (2005) Effect of active immunization against GnRH on androstenedione concentration and carcass quality in intact male pigs. *Livest. Prod. Sci.* 92: 31-38.
- Kim YH, Jung HJ, Lee SD, Ji SY, Park JC, Moon HK (2007) Effects of immunocastration on physiological changes, the characteristics of carcass and meat quality in boars. *J. Anim. Sci. Technol.* 49: 753-760.
- Latorre MA, García-Belenguier E, Ariño L (2008) The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *J. Anim. Sci.* 86: 1933-1942.
- Latorre MA, Lázaro R, Valencia DG, Medel P, Mateos GG (2004) The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 526-533.
- Mackinnon JD, Pearce MC (2007) Improvac (Pfizer Animal Health): An immunological product for the control of boar taint in entire male pigs: II Practical applications in pig production and potential production benefits. *Pig J.* 59: 68-90.
- Metz C, Claus R (2003) Active immunization of boars against GnRH does not affect growth hormone but lowers IGF-I in plasma. *Livest. Prod. Sci.* 81: 129-137.
- Metz C, Hohl K, Waidelich S, Drochner W, Claus R (2002) Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention. *Livest. Prod. Sci.* 74: 147-157.
- MLC (1985) Concern at ringside damage in pigs. Meat and Livestock Commission Marketing Technical Notes. pp. 14-16.
- Morales J, Gispert M, Hortos M, Pérez J, Suarez P, Pineiro C (2010) 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 pigs. *Span. J. Agric. Res.* 8: 599-606.
- NRC (1998) *Nutrient Requirements of Swine*. 10^a ed. National Academies Press. Washington, DC, EEUU. pp. 208-210.
- Pauly C, Spring P, O'Doherty JV, Ampuero SK, Bee G (2009) Growth performance carcass characteristics and meat quality of group penned surgically castrated immunocastrated (Improvac) and entire males pigs and individually penned entire pigs. *Animal* 3: 1057-1066.
- Peinado B, Poto A, Gil F, López G (2004) Characteristics of the carcass and meat of the Chato Murciano pig. *Livest. Prod. Sci.* 90: 285-292.
- Peinado J, Medel P, Fuentetaja A, Mateos GG (2008) Influence of sex and castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined for the dry-cured industry. *J. Anim. Sci.* 86: 1410-1417.
- Prunier A, Bonneau M, von Borell EH, Cinotti S, Gunn M, Fredriksen B, Giersing M, Morton DBF, Tuytens AM, Velarde A (2006) A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Anim. Welf.* 15: 277-289.
- Rydhmer L, Lundström K, Andersson K (2010) Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs. *Animal* 4: 965-972.
- SAS (2006) *Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide*. 2^a ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, EEUU.
- Serrano P, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG (2008) Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Sci.* 78: 420-428.
- Schmoll F, Kauffold J, Pfutzner A, Baumgartner J, Brock F, Grodzycski M, Andrews S (2009) Growth performance and carcass traits of boars raised in Germany and either surgically castrated or vaccinated against gonadotropin-releasing hormone. *J. Swine Health Prod.* 17: 250-255.
- Schneider F, Falkenberg H, Kuhn G, Nürnberg K, Rehfeldt C, Kanitz W (1998) Effects of treating young boars with a GnRH depot formulation on endocrine functions, testis size, boar taint, carcass composition and muscular structure. *Anim. Repr. Sci.* 50: 69-80.
- Skrlep M, Batorek N, Bonneau M, Prevornik M, Kubale V, Candek-Potokar M (2012) Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. *Czech. J. Anim. Sci.* 57: 290-299.
- Skrlep M, Segula B, Zajec M, Kastelic M, Kosorok S, Fazarinc G, Candek-Potokar M (2010) Effect of immunocastration (Improvac®) in fattening pigs I: growth performance reproductive organs and malodorous compounds. *Slov. Vet. Res.* 47: 57-64.
- Turkstra JA, Zeng XY, Van Diepen JTM, Jongbloed AW, Oonk HB, Van De Wiel DFM, Melen RH (2002) Performance of male pigs immunized against GnRH is related to the time of onset of biological response. *J. Anim. Sci.* 80: 2953-2959.
- Turner SP, Franworth MJ, White IMS, Brotherstone S, Mendl M, Knap P, Penny P, Lawrence A (2006) The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96: 245-259.
- Zamaratskaia G, Andersson H, Chen G, Andersson K, Madej A, Lundstrom K (2008) Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (Improvac™) on steroid hormones boar taint compounds and performance in entire male pigs. *Repr. Domest. Anim.* 43: 351-359.
- Zamaratskaia G, Zlabek V, Chen G, Madej A (2009) Modulation of porcine cytochrome P450 enzyme activities by surgical castration and immunocastration. *Animal* 3: 1124-1132.