

Immunocastration: a humane and effective alternative to surgical castration of adult boars[□]

Immunocastración: alternativa humanitaria y efectiva a la castración quirúrgica de cerdos reproductores de descarte

Imunocastração: alternativa eficaz e humana de castração cirúrgica o abate de suínos reprodutores

Jorge H Agudelo Trujillo^{1*}, Zoot, PhD; José F Estrada Pineda², Zoot, MV;
Pablo A Guzmán González³, Estadístico.

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia -Grupo de Investigación GRICA (Colombia), ²Pfizer Inc.,
³Alimentos Cárnicos S.A.S. (Colombia).

(Recibido: 13 mayo, 2011; aceptado: 19 julio, 2011)

Autorizado para ser publicado en español por Options Méditerranéennes. Instituto Agrónomico Mediterráneo de Zaragoza, España

Summary

Immunocastration (IC) of pigs during their finishing phase avoids the traumatic castration surgery (Q) still practiced in many countries to prevent boar taint in pork. We have not found reports on IC evaluated on culled adult boars. In this study we evaluated boar taint, spermatogenesis, and weight loss of adult boars after castration by IC versus Q. A total of 21 boars were used (age: 29 months). The IC boars (n: 12) were injected with Innosure[®] (Pfizer Inc), with repetition four weeks later. The Q boars (n: 9) were castrated when the IC boars were first injected. Both groups were weighted one month later and slaughtered five weeks after the second injection. Testes of IC slaughtered boars were sampled and compared with the Q group. Odor panels were conducted to test all carcasses and pork. The Q boars lost 0.172 kg BW/animal/day ($p = 0.016$), while IC boars did not lose weight ($p = 0.359$). None of the boars (IC or Q) resulted in tainted pork. The IC testes had lower spermatogenesis compared to Q. It is concluded that IC effectively prevented boar taint through testicle atrophy, and it also resulted in no weight loss after castration. The IC thus becomes an effective and humane castration alternative for these animals.

Key words: boar taint, culled boar, immune-castration, immunological castration, mature boar.

Resumen

Durante los primeros días de vida se suele castrar quirúrgicamente a los lechones machos para prevenir el desagradable “olor sexual” de la carne del animal entero una vez sacrificado al final de la ceba. Se sabe que la inmunocastación (IC) en la etapa de ceba es eficaz para evitar la dolorosa, traumática, y riesgosa

□ Para citar este artículo: Agudelo JH, Estrada JF, Guzmán PA. Immunocastration: alternativa humanitaria y efectiva a la castración quirúrgica de cerdos reproductores de descarte. Rev Colomb Cienc Pecu 2011; 24:254-262

* Autor para correspondencia: Jorge H Agudelo. Escuela de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. E-mail: jorgehat@gmail.com

castración quirúrgica (Q). No hemos encontrado reportes sobre la aplicación de la IC en verracos adultos de descarte, cuyo metabolismo es más lento, y no se sabe cuánto tiempo tomaría eliminar su olor sexual. En este estudio se evaluó olor sexual, espermatogénesis y pérdida de peso de verracos mediante un protocolo de IC de nueve semanas. Veintiún reproductores fueron utilizados (edad: 29 meses). Los verracos IC (n: 12) fueron castrados mediante inyección (2 cc) de Innosure[®], con repetición cuatro semanas más tarde. El grupo Q (n: 9) fue castrado el mismo día en que se inyectó la primera dosis de Innosure[®] al otro grupo. Ambos grupos fueron pesados al inicio del experimento, un mes más tarde y al sacrificio (nueve semanas luego de comenzar el experimento). Los testículos de los IC se colectaron al sacrificio y se compararon con los Q. Se realizaron paneles de olor para las canales y muestras de carne. Los Q perdieron 0.172 kg de peso corporal/ animal/ día durante las 9 semanas ($p=0.016$), mientras que los IC no perdieron peso ($p=0.359$). En ninguno de los verracos (IC o Q) se detectaron canales o carne con olor sexual. Los testículos IC mostraron menor nivel de espermatogénesis en comparación con los Q. Se concluye que a la dosis aplicada y usando el protocolo de vacunación ensayado, la IC actúa bien en esta etapa fisiológica generando atrofia testicular suficiente para eliminar el olor sexual. La IC se convierte así en una alternativa eficaz y más humana que la Q para estos animales.

Palabras clave: castración inmunológica, cerdo descarte, inmuno-castración, olor sexual, verraco.

Resumo

A Imunocastração (IC) de suínos durante a fase de terminação substitui o uso de castração cirúrgica (Q) ainda praticada em muitos países para evitar o odor de macho inteiro na carne suína. Não foram encontrados relatórios de uso de Imunocastração para machos adultos de descarte. Neste estudo avaliamos odor de macho inteiro, espermatogênese e perda de peso em cachacos adultos após IC ou Q. Um total de 21 cachacos foram utilizados (idade média de 29 meses). Os cachacos IC (n = 12) receberam Innosure[®] (Pfizer Inc) intra muscular com uma repetição de injeção após 4 semanas. Os cachacos Q (n-9) foram castrados quando os cachacos IC receberam a primeira dose de Innosure[®]. Ambos grupos foram pesados um mês após e abatidos cinco semanas após a segunda dose de Innosure[®]. Os testículos dos cachacos IC foram coletados e comparados com o grupo Q. Painéis de odor foram conduzidos para testar todas carcaças e carne suína. Os cachacos Q perderam 0.172 kg de peso vivo/animal/dia ($p=0.016$), enquanto cachacos IC não perderam peso ($p=0.359$). Odor de macho inteiro não foi detectado em nenhum dos cachacos (IC ou Q). Os testículos do grupo IC mostraram espermatogênese reduzida comparada com grupo Q. Concluímos que IC efetivamente preveniu o odor através de atrofia testicular e também resultou em manutenção do peso após a castração. Ic então se torna uma forma efetiva e uma alternativa humana de castração para estes animais.

Palavras chave: cachaco, castração imunológica, imunocastração, odor de macho inteiro.

Introducción

Es sabido que los cerdos “enteros” se desempeñan mejor durante levante-ceba comparados con los castrados (Bonneau, 1998). Los machos enteros tienen mayor tasa de deposición de proteína y menor deposición grasa (Harding, 1993). Los enteros tienen también grasa menos saturada, y por tanto mejor calidad de canal (Charette, 1961; Wong *et al.*, 1967; Newell and Bowland, 1972; Nicholls and Price, 1987). Dada su mejor conversión alimenticia, rendimiento de magro y ganancia diaria, cebar enteros trae ventajas económicas (Fouler *et al.*, 1981; Diestre, 1991) que, según Harding (1993), equivalen a un 16% de utilidad adicional sobre el costo del

alimento. Estas ventajas se explican por la acción sistémica de las hormonas anabólicas producidas en los testículos (Claus *et al.*, 1994).

A pesar de lo anterior, no se acostumbra cebar machos enteros para sacrificio, pues su carne puede presentar olor y sabor desagradables para el consumidor. Este “olor sexual” se debe principalmente al efecto combinado de los derivados de androstenona y escatol, depositados en la grasa de la canal (Bonneau, 1982; Brooks and Pearson, 1986; Xue and Dial, 1997; Annor-Frempong *et al.*, 1997). Mientras la androstenona confiere a la carne un olor a orina, el escatol le da olor a heces fecales (Craig and Pearson, 1959; Craig *et al.*, 1962; Claus *et al.*, 1994).

La androstenona sólo se produce en cerdos con tejido testicular activo. Las glándulas salivales absorben androstenona circulante, convirtiéndola en feromona sexual liberada en la saliva durante el apareamiento (Patterson, 1968). El escatol, de otro lado, es generado por microorganismos intestinales como metabolito del triptófano (Claus *et al.*, 1994; Jensen *et al.*, 1995; Jensen and Jensen, 1998). Aunque el escatol se produce no sólo en machos (enteros y castrados) sino también en hembras, su concentración en grasa es mayor en los enteros, resultado de una tasa más lenta de eliminación hepática (Agergaard and Laue, 1993). El olor sexual puede presentarse cuando las concentraciones de androstenona y escatol superan 0.5-1.0 y 0.20-0.25 ppm, respectivamente (Walstra *et al.*, 1999).

La solución tradicional al problema del olor sexual ha sido la castración quirúrgica durante las primeras semanas de vida, generalmente bajo pobres condiciones de aseo y desinfección, y sin la utilización de anestesia o analgesia (Prunier *et al.*, 2006). Adicionalmente, existen dudas sobre la efectividad de algunos analgésicos disponibles (Rault and Lay, 2011). Esta práctica ha sido tolerada dado que no existía mejor alternativa. Actualmente, sin embargo, la opinión pública la rechaza porque viola la ética y normas sobre bienestar animal (Meijer and Van den Toren, 2010). De hecho, en 2001 la Federación Europea de Veterinarios planteó re-evaluarla y en 2009 endureció su posición recomendando su abolición, reemplazándola por la inmunocastración (IC), que es considerada un procedimiento ético, práctico, económico y efectivo (Prunier *et al.*, 2006; Morales *et al.*, 2011). Como resultado, desde el 2012 toda castración quirúrgica deberá incluir analgesia prolongada y/o anestesia, y desde 2018 se debe abandonar la castración quirúrgica en toda la Unión Europea (FVE, 2009; PIGCAS, 2009).

Aunque existe abundante literatura sobre el uso de la IC en cerdos de ceba, no encontramos estudios científicos que reporten la evaluación de dicho método en verracos adultos de descarte. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la IC sobre el olor sexual de la carne de verracos adultos, usando un protocolo de dosis y aplicación de la vacuna similar al usado en cerdos de ceba.

Materiales y métodos

Se evaluó un total de 21 machos reproductores adultos de descarte en tres granjas de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. El tamaño de las granjas corresponde a inventarios de 750, 1.000 y 1.300 hembras de cría. Las granjas están localizadas en altitudes entre los 1.675 y 2.000 msnm en Angostura, Jericó y Fredonia, respectivamente, municipios que gozan de un clima medio (18-20 °C) en el Departamento de Antioquia, República de Colombia.

La edad media de los verracos al comenzar el ensayo fue de 29 meses (rango: 26 a 36 meses), con un peso promedio de 238 kg (rango: 144 a 290 kg). Para iniciar el estudio, 12 verracos seleccionados al azar recibieron cada uno una inyección de 2 ml de Innosure® (Pfizer Animal Health, Parkville, Australia) por vía subcutánea en el cuello, cerca de la base de la oreja, usando el aplicador metálico especialmente diseñado por la compañía NJ Phillips Pty Limited (Somersby, Australia) para la inyección de este producto, y el cual cuenta con tres mecanismos de seguridad para disminuir el riesgo de auto-aplicación accidental en la persona que esta vacunando (Figura 1). El sitio de aplicación se muestra en la figura 2. Dicha dosis corresponde a la recomendación del fabricante para cerdos en ceba. Este grupo (IC) recibió una segunda inyección cuatro semanas después, siguiendo el protocolo de cuatro semanas entre ambas dosis reportado por Claus *et al.* (2007) y recomendado para cerdos en ceba por la casa fabricante.



Figura 1. Aplicador con tres mecanismos de seguridad, para prevenir la auto-aplicación accidental en la persona que está inyectando el producto.



Figura 2. En este cerdo de ceba se muestra el sitio de aplicación del producto Innosure con el aplicador de seguridad.

El día de la primera inyección, otro grupo de nueve machos fue castrado quirúrgicamente. La castración de este segundo grupo (Q) se llevó a cabo con la misma técnica quirúrgica en las tres granjas, y fue supervisada por el mismo médico veterinario. Previo a la cirugía, los machos se sometieron a ayuno durante medio día para prevenir que vomitaran. Cada animal se sedó mediante inyección intramuscular profunda de 2 mg de azaperona por kg de peso vivo (Stresnil®, Janssen Pharmaceutica, Bogotá, Colombia).

Transcurridos unos 20 minutos -una vez sedado- el macho se amarró de las cuatro extremidades y se sujetó con cuerdas para prevenir que se hiriera o lesionara al personal de apoyo. La técnica quirúrgica incluyó: lavado y desinfección con yodoforo de la zona testicular y periférica, inyección de aproximadamente 10 ml de anestésico local (lidocaina o xilocaina) en el área a cortar, corte con bisturí de piel del escroto y tunicas, amarre del cordón espermático con hilo de sutura desinfectado, corte del cordón espermático y extracción del testículo, extracción completa de tunicas testiculares, sutura del corte escrotal, dejando un espacio en la parte inferior para drenaje de líquidos, y por último, lavado y nueva desinfección del área intervenida. Al final de la cirugía, los machos recibieron una inyección de antibiótico (penicilina, 15.000 UI/kg de peso) y de antiinflamatorio (betametazona, 1 ml/20 kg de peso), y fueron liberados de las ataduras para pasar el periodo postoperatorio en corral individual.

Una vez extraídos, los testículos fueron cortados longitudinalmente y se fijó el tejido en frascos con solución de formol buferado para la posterior evaluación del nivel de espermatogénesis en el laboratorio de histopatología de la Universidad de Antioquia.

Durante toda la prueba, los cerdos fueron alimentados con el mismo tipo de pienso y en la misma cantidad que venían consumiendo antes de la misma (2 kg / animal / día). Los verracos fueron pesados en basculas con precisión de 0.5 kg (Prometálicos SA, Modelos P500-O y P350-C, Manizales, Colombia) en tres ocasiones: al inicio de la prueba (definido como el día en que se aplicó la primera vacuna a los verracos IC y se castró quirúrgicamente a los cerdos Q), el día de la segunda vacunación (cuatro semanas más tarde), y al final de la prueba (a su despacho para sacrificio, cinco semanas después de la segunda vacunación).

Los cambios en el peso promedio en pie entre las tres ocasiones de medición fueron comparados entre los dos tratamientos (Q e IC) utilizando un modelo lineal mixto donde el animal se incluyó como efecto aleatorio, mientras que la ocasión de medición y el factor tratamiento se manejaron como efectos fijos. La variable respuesta original *peso en pie* fue transformada para representar el *cambio en peso/día* desde la primera ocasión de medición. Un ajuste inicial por la covariable *peso inicial* (en la primera ocasión de medición) no mostró una explicación significativa en el modelo, por lo cual no se tuvo en cuenta. Los residuales del modelo mostraron normalidad y homogeneidad de varianzas. Mediante una prueba de Mann-Whitney se compararon los niveles medianos de la calificación de espermatogénesis entre los dos grupos (Q e IC). Todos los análisis fueron realizados con el programa R (R Development Core Team, 2009).

Una vez sacrificados los cerdos IC, fueron extraídos sus testículos, los cuales se conservaron como previamente se ha descrito. Posteriormente, en el laboratorio de histopatología se compararon las muestras de tejido testicular de ambos grupos, para cuantificar el nivel esperado de espermatogénesis en cada uno de ellos, utilizando el procedimiento reportado por Johnsen (1970) y

modificado por Peters *et al.* (2000), según el cual una calificación de 7 se considera el estándar más bajo para un testículo normal, mientras que una calificación promedio menor de 7 indica que existe un efecto anti-fertilidad sobre la espermatogénesis. Para el análisis se seleccionaron por cada placa histológica del testículo 50 cortes transversales del túbulo seminífero. Los cortes fueron coloreados con hematoxilina- eosina y se observaron con aumentos de 100, 200 y 400x.

La presencia o no de olor desagradable fue determinada mediante un panel de olor constituido por cinco personas, quienes evaluaron todos los animales. Dicho panel estuvo conformado por personal de la institución gubernamental encargada del control de calidad de los alimentos (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia, INVIMA), de la planta de Sacrificio (Central Ganadera S.A.), de la Universidad de Antioquia y de la empresa Pfizer S.A. La prueba de olor se hizo por chequeo olfativo de las canales en caliente, justo después del sacrificio, y luego por el chequeo olfativo de una muestra de carne de cada cerdo, previamente calentada en Baño María, de acuerdo con el método descrito por Judge *et al.* (1990), y se realizó como doble ciego aleatorizado.

Resultados

Los principales resultados de este estudio fueron presentados en el VII Congreso Internacional de Cerdo Mediterráneo (Córdoba, España, Octubre 14-16 de 2010), están en proceso de publicación en Inglés por Options Méditerranéennes, y son reproducidos acá con autorización del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ, España).

Con respecto a la vacuna, esta fue bien tolerada por todos los verracos. Al momento del sacrificio no se observaron reacciones en el sitio de la inyección.

Los machos Q presentaron inflamación del escroto y del área perineal en mayor o menor grado durante el periodo del ensayo; inflamación que en muchos casos persistió hasta el día del sacrificio (Figura 3).



Figura 3. Dos imágenes mostrando el saco escrotal de un cerdo Q el día del sacrificio. Obsérvese el tamaño de la porción decomisada, que refleja la inflamación generalizada de los tejidos.

Aunque la variación de tamaño testicular no se midió, se presenta una imagen para dar una idea de la diferencia de tamaño de los testículos de cerdos IC y Q al final de las nueve semanas del ensayo (Figura 4).



Figura 4. Dos testículos de un macho castrado quirúrgicamente (Q), cortados longitudinalmente (izquierda y centro), y un testículo de macho inmunocastrado (IC). Nótese la diferencia en tamaño. (tomado de Agudelo-Trujillo *et al.*, 2011)

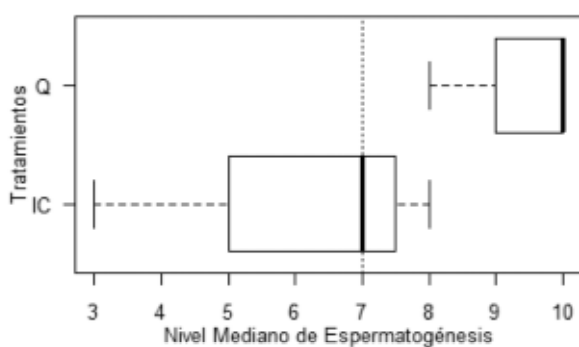


Figura 5. Nivel mediano de espermatogénesis de los machos adultos inmunocastrados (IC), comparado con los castrados quirúrgicamente (Q) (adaptado de Agudelo-Trujillo et al., 2011)

La figura 5 refleja la calificación de la espermatogénesis. Resultados entre uno y siete indican una menor producción de espermatozoides. Puntuaciones mayores de siete implican espermatogénesis normal. Si bien los testículos IC tuvieron puntuaciones alrededor de 7, sus puntajes fueron más bajos en comparación con los de los cerdos Q (siete frente a 10, respectivamente; prueba de Mann-Whitney: $P = 0.0185$). Las figuras 6 y 7 comparan cortes testiculares de un macho Q y otro IC, nueve semanas luego de la primera dosis de la vacuna, apreciándose notorias diferencias histológicas en términos de cantidad de células intersticiales, células espermáticas y células de Leydig.

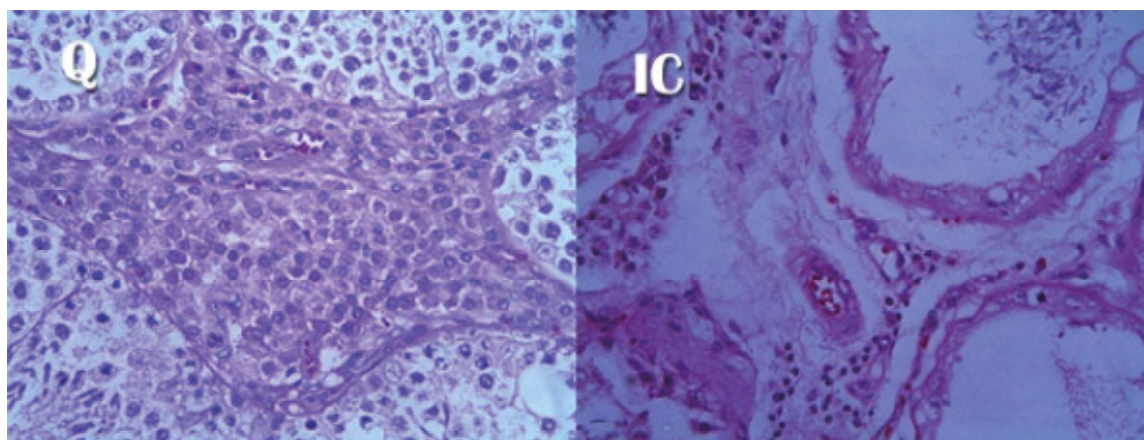


Figura 6. Cortes testiculares comparativos de un macho castrado quirúrgicamente (Q) y uno inmunocastrado (IC) luego de tinción H.E. (magnificación 400x), nueve semanas luego del procedimiento. Note la presencia de abundantes células intersticiales en el testículo Q, comparado con un testículo IC mostrando disminución severa de estas células (L). La magnificación es la misma para ambas imágenes.

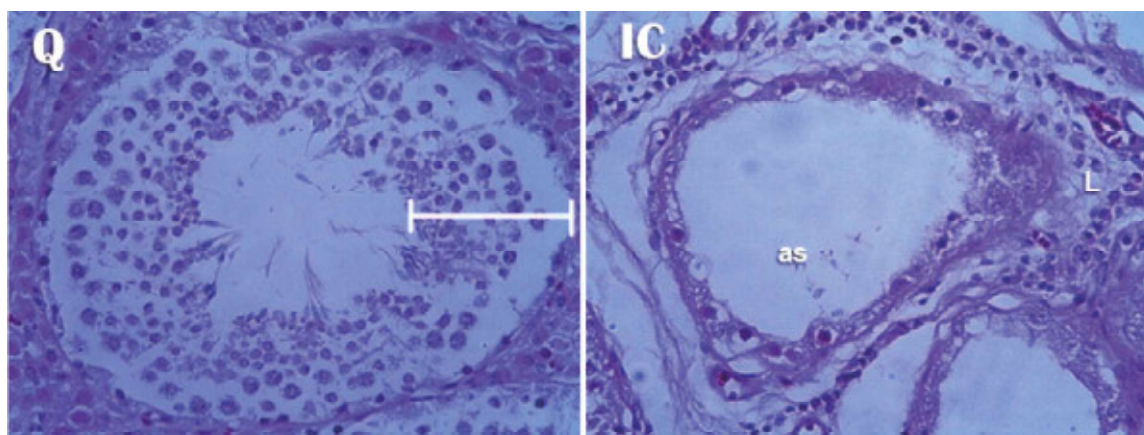


Figura 7. Cortes testiculares comparativos de un macho castrado quirúrgicamente (Q) y uno inmunocastrado (IC) luego de tinción H.E. (magnificación 400x), nueve semanas luego del procedimiento. Note la presencia de todas las etapas espermáticas en el testículo Q, comparado con un testículo IC mostrando azoospermia (as) y disminuido número de células de Leydig, las cuales además presentan procesos degenerativos (L). La magnificación es la misma para ambas imágenes (tomado de Agudelo-Trujillo et al., 2011).

Tabla 1. Cambios en el peso corporal (kg/día) para los machos adultos de descarte inmunocastrados (IC) versus los castrados quirúrgicamente (Q) (adaptado de Agudelo-Trujillo et al., 2011).

Tratamiento	Periodo entre pesajes*	Cambio en peso corporal promedio (k/d)**	Prueba t***		
			Valor de t	GL ****	Valor de P
IC	1 ^{er} a 2 ^{do}	0.079 +/- 0.06	a 1.410	19	0.1748
IC	2 ^{do} a 3 ^{er}	-0.026 +/- 0.05	a -0.482	19	0.6354
IC	1 ^{er} a 3 ^{er}	0.053 +/- 0.06	a 0.940	19	0.3590
Q	1 ^{er} a 2 ^{do}	-0.279 +/- 0.07	a -4.29	19	0.0004
Q	2 ^{do} a 3 ^{er}	0.107 +/- 0.06	b 1.69	19	0.1084
Q	1 ^{er} a 3 ^{er}	-0.172 +/- 0.07	a -2.65	19	0.0160

*1^{er}: primer pesaje; 2^{do}: segundo pesaje; 3^{er}: tercer pesaje.

**Promedio más o menos el error estándar.

***Prueba t del modelo lineal mixto correspondiente a cada línea. Medias de las líneas con la misma letra dentro de cada tratamiento no difieren al 5% de significancia (P > 0.05).

****GL: Grados de libertad.

La tabla 1 muestra los cambios de peso corporal observados entre los tratamientos para los tres intervalos de peso (primero a segundo, segundo a tercero, y primero hasta tercer pesaje, respectivamente). Para el tercer intervalo de peso, que determina el cambio de peso para el ensayo general, los verracos Q perdieron 0.172 kg de peso corporal / animal / día (p=0.016), mientras que los verracos IC no perdieron peso (p= 0.359).

Discusión

La IC o castración inmunológica se utiliza actualmente en diversos países aplicándola exclusivamente a cerdos de engorde. La IC funciona como una vacuna, estimulando el sistema inmunológico a producir anticuerpos contra la hormona liberadora de gonadotropina (GnRF), y en última instancia inhibiendo la generación de androstenona (Ferro, 2002). Además de ser considerada como respetuosa de los criterios modernos sobre buen trato y bienestar animal, la IC también trae beneficios a los porcicultores, dado que los cerdos IC crecen más magros, tienen una mayor ganancia de peso y mejor índice de conversión alimenticia en comparación con los castrados quirúrgicamente durante los primeros días de vida (Dunshen et al., 2001; Schmoll et al., 2009). Las ventajas en rendimiento productivo de la castración tardía se deben a una exposición más larga a los andrógenos testiculares en el periodo de más rápido crecimiento del animal (Xue et al., 1995).

Este experimento se enfocó en cerdos reproductores de descarte. A pesar de que se desconocen muchos aspectos sobre las características de los sistemas de producción porcina Colombiana (Díaz et al., 2011), creemos que la mayoría de las granjas tecnificadas del país, de tamaño mediano y grande sirven actualmente sus cerdas mediante inseminación artificial; por lo tanto, el número de machos que resultan para descarte en un momento dado es bastante bajo, aun en las granjas más grandes, lo que dificulta la realización de este tipo de estudios. Debe resaltarse que esta evaluación se hizo con machos de una misma empresa, aprovechando la oportunidad brindada por el hecho de que dichas granjas tenían programado descartar un alto número de reproductores en un corto periodo tiempo, debido a un inusual cambio de material genético que de forma masiva había realizado previamente la empresa.

Respecto a los cambios de peso post-castración observados en este experimento, debe notarse que los machos Q perdieron en promedio 279 g/día durante el primer mes inmediatamente siguiente a la cirugía, correspondiente al periodo entre primer y segundo pesaje (p=0.0004), mientras que los machos IC no perdieron peso. La pérdida de peso de los Q fue menos pronunciada, pero todavía significativa si se toman los dos meses que duro el periodo experimental (172 g/día, p= 0.0160) (Tabla 1).

Los machos Q presentaron un notorio estado de inflamación perineal que persistió hasta el final del experimento (Figura 2). Considerando el malestar

que esto debió generar, y teniendo en cuenta que la oferta diaria de alimento durante el experimento no cambió respecto al nivel previo de suministro, puede afirmarse que la pérdida de peso debió ser causada por la cirugía. A pesar de que las cirugías se realizaron bajo todas las medidas de aseo y desinfección habituales que desde el punto de vista práctico pueden permitirse granjas de este tipo, se debe resaltar que la carga bacteriana en dichas instalaciones es muy alta debido a su gran densidad de animales y es difícil garantizar una adecuada desinfección de los corrales durante la cirugía y en los primeros días del periodo postoperatorio.

En general, el tamaño de los testículos se redujo notoriamente en los machos IC, evaluados en planta de beneficio.

Aunque existen varios métodos para detectar olor desagradable en carne de cerdo, tales como la nariz electrónica, espectrometría de masas, cromatografía ultra-rápida de gases, espectrometría de gas-fase y biosensores, en el presente estudio usamos el método de panel de olor por ser confiable, rápido, económico y fácil de utilizar.

De acuerdo con los resultados del panel de olor, ninguno de los verracos (IC o Q) dio lugar a carne de cerdo con olor sexual, evaluado tanto en la canal caliente como en muestras de carne calentadas al baño María tanto el día del sacrificio, como luego de 48 horas después de permanencia bajo refrigeración.

Referencias

Agergaard N and Laue A. Absorption from the gastrointestinal tract and liver turnover of skatole. In: Proceedings of a meeting of the EAAP Working Group. Production and utilization of meat from entire male pigs. (Ed. M. Bonneau), INRA, Paris, Les Colloques 1993; 60:107.

Agudelo-Trujillo JH, Estrada-Pineda JF, Guzman-Gonzalez P. Effectiveness of Immunocastration in Adult Boars. Options Méditerranéennes 2011 (EN PRENSA).

Annor-Frempong IE, Nute GR, Whittingto FW. The problem of taint in pork--III. Odour profile of pork fat and the interrelationships between androstenone, skatole and indole concentrations. Meat Sci 1997; 47:63-76.

Bonneau M. Compounds responsible for boar taint with special emphasis on androstenone: A review. Livest Prod Sci 1982; 9:687-705.

En consideración a los resultados obtenidos en este trabajo, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia (INVIMA), aprobó el uso de la IC en este tipo de animales en todo el país.

En conclusión, la IC eficazmente eliminó el olor sexual en la canal y carne de cerdo mediante atrofia testicular, evitando la pérdida de peso de los animales hasta su sacrificio. Por todo lo anterior, se propone que la IC sea utilizada como alternativa más humana que la castración quirúrgica, y tan efectiva como la segunda, para el control del olor sexual en este tipo de cerdos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Valentina García –estudiante de medicina Veterinaria de la Universidad de Antioquia–, y a los administradores y personal de las granjas por el apoyo logístico, así como al Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia (INVIMA) por la supervisión de los paneles de olor. Esta investigación fue financiada por la Universidad de Antioquia y Alimentos Cárnicos SAS. Se agradece al Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ, España) la autorización otorgada para publicar varios de los resultados, presentados en el VII Congreso Internacional de Cerdo Mediterráneo (Córdoba, España, Octubre 14-16 de 2010).

Bonneau M. Use of entire males for pig meat in the European Union. Meat Sci 1998; 49:257.

Brooks RI, Pearson AM. Steroid hormone pathways in the pig, with special emphasis on boar odor: A review. J Anim Sci 1986; 62:632-645.

Charette LA. The effect of sex and age of male at castration on growth and carcass quality of Yorkshire swine. Can J Anim Sci 1961; 41:30-39.

Craig HB, Pearson AM. Some preliminary studies on sex odour in pork. J Anim Sci 1959; 18:1557.

Craig HB, Pearson AM, Web NB. Fractionation of the components responsible for sex odour in pork. J Anim Sci 1962; 27:29.

Claus R, Weiler U, Herzog A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar-A review with experimental data. Meat Science 1994; 38:289-305.

- Claus R, Lacorn M, Danowski K, Pearce MC, Bauer A. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. *Vaccine* 2007; 25:4689-4696.
- Díaz CA, Rodríguez MN, Vera JV, Ramírez G, Casas GA, Mogollón JD. Caracterización productiva de algunos sistemas de producción porcícola en determinadas regiones colombianas. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2011; 24:131-144.
- Diestre A. Producción de carne de cerdo utilizando machos enteros. *Cárnica* 2000 1991. Julio-Agosto:57.
- Dunshea FR, Colantoni C, Howard K, McCauley I, Jackson P, Long KA, Lopatnicki S, Nugent EA, Simons JA, Walker J, Hennessy DP. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *J Anim Sci* 2001; 79:2524-2535.
- Ferro VA. Current advances in anti-fertility vaccines for fertility control and non-contraceptive application. *Exp Rev Vaccine* 2002; 1:443-452.
- Fouler VR, Mc William T, Artken R. Voluntary feed intake of boars, castrates and gilts given diets of different nutrient density. *Anim Prod* 1981; 32:357.
- Federation of Veterinarians of Europe. Pig Castration, FVE Position Paper. (Fecha de acceso: Junio 17 de 2011) URL: http://www.fve.org/news/position_papers/animal_welfare/fve_09_040_castration_pigs_2009.pdf.
- Harding J. The risks and benefits of feeding intact male swine in the United States and Canada. *Swi Health Prod* 1993; 1:11-18.
- Jensen MT, Cox RP, Jensen BB. 3-Methylindole (skatole) and indole production by mixed populations of pig faecal bacteria. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61:3180.
- Jensen BB, Jensen MT. Microbial production of skatole in the digestive tract of entire male pigs. In: Skatole and boar taint. Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark, 1998:41.
- Johnsen SG. Testicular biopsy score count – a method for registration of spermatogenesis in human testes: normal values and results in 335 hypogonadal males. *Hormones* 1970; 12-25.
- Judge MD, Mills EW, Orcutt MW, Forrest JC, Diekman MA, Harmon BG, Lin RS, Nicholls LL. Utilization of boar meat: composition, quality and odor incidence in relation to androstenone and skatole. *J Anim Sci* 1990; 68:1030-1033.
- Meijer B, Van den Toren W. A leading role for supermarkets? A comparison of sustainability practices in the UK and the Netherlands. En: *What's on the menu? A comparative analysis of the agendasetting dynamics of sustainable meat and fish in four European countries. Roosevelt Academy*. Herman Lelieveldt (editor). 2010; p. 55-83. (Fecha de acceso: Julio 12 de 2011) URL: http://www.roac.nl/roac/_files/Teacher%20Publications/publications%20herman%20lelieveldt/WhatsOnTheMenu.pdf
- Morales JI, Cámara L, Berrocoso JD, López JP, Mateos GG, Serrano MP. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from two Large White sire lines. *J Anim Sci*. (Fecha de acceso: Junio 17 de 2011) URL: <http://jas.fass.org/content/early/2011/06/16/jas.2010-3357>
- Newell JA, Bowland JP. Performance, carcass composition and fat of boars, gilts and barrows fed two levels of protein. *Can J Anim Sci* 1972; 52:543-551.
- Nicholls LL, Price MM. Comparison of boars and barrows for meat quality characteristics and steroidal concentrations at four slaughter weights. In: 66th. Feeders' Day Report. Agriculture and Forestry Bulletin Special Issue. University of Alberta, Edmonton, 1987.
- Paterson RLS. 5 α -hydroxy-5 α -androst-16-ene as the musk odour component of boar submaxillary salivary gland and its relationship to the sex odour taint in pork meat. *J Sci Food Agric* 1968; 19:434.
- PIGCAS. Report on Attitudes, Practices and State of the Art Regarding Piglet Castration in Europe. D4.1 Report on recommendations for research and policy support 2009 (Fecha de acceso: Junio 7 de 2011) URL: <http://w3.rennes.inra.fr/pigcas/Public%20reports/D41%20ReportRecommendations.pdf>
- Peters MAJ, de Rooij DG, Teerds KJ, van der Gaag I, van Sluijs FJ. Spermatogenesis and testicular tumours in ageing dogs. *J Reprod Fertil* 2000; 120:443-452.
- Prunier A, Bonneau M, von Borell EH, Cinotti S, Gunn M, Fredriksen B, Giersing M, Morton DB, Tuytens FAM, Velarde A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Anim Welf* 2006; 15:277-289.
- Rault JL, DC Lay Jr. Nitrous oxide by itself is inefficient to relieve pain due to castration in piglets. *J Anim Sci* 2011; Abstract (en prensa).
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. 2009 (Fecha de acceso: Julio 19 de 2011) URL: <http://www.R-project.org>.
- Schmoll F, Kauffold J, Pfutzner A, Baumgartner J, Brock F, Grodzycki M, Andrews S. Growth performance and carcass traits of boars raised in Germany and either surgically castrated or vaccinated against gonadotropin-releasing hormone. *J Swine Health Prod* 2009; 17:250-255.
- Walstra P, Claudi-Magnussen C, Chevillon P von-Seth G, Diestre A, Matthews KR, Homer DB, Bonneau M. An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: levels of androstenone and skatole by country and season. *Livest Prod Sci* 1999; 62:15-28.
- Wong WC, Boylan WJ, Stothers SC. Effects of dietary protein level and sex on swine performance and carcass traits. *Can J Anim Sci* 1967; 48:535-544.
- Xue JL, Dial GD. Raising intact male pigs for meat: Detecting and preventing boar taint. *Swine Health and Production* 1997; 5:151-158.
- Xue JL, Dial GD, Schuiteman J, Kramer A, Fisher C, Marsh WE, Morrison RB, Squires EJ. Evaluation of growth, carcass, and compound concentrations related to boar taint in boars and barrows. *J Swine Health and Production* 1995; 3:155-160.