

Aráoz de Lamadrid, Juan Gregorio

Evaluación de la inmunocastración como herramienta para mejorar parámetros productivos en la producción porcina

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Aráoz de Lamadrid, J. G. 2016. Evaluación de la inmunocastración como herramienta para mejorar parámetros productivos en la producción porcina [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-inmunocastracion-herramienta.pdf> [Fecha de consulta:.....]

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

**“Evaluación de la inmunocastración como herramienta
para mejorar parámetros productivos en la producción
porcina”**

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Araoz de Lamadrid, Juan Gregorio

Profesor Tutor: Ing. Agr. Daniel Fenoglio

Fecha: 15/08/2016

Agradecimientos

A mi tutor, el Ing. Agr. Daniel Fenoglio por su apoyo en este Trabajo Final de Graduación.

A la Lic. Adriana Pérez por sus consejos para el análisis estadístico de los datos.

A la firma Pacuca S.A. por brindarme los datos y a sus técnicos por la colaboración en el desarrollo de este trabajo, especialmente al Med. Vet. José Luis Cancer.

A mi familia por el constante apoyo que he recibido a lo largo de estos años.

Resumen

El Bienestar animal se ha convertido en un tema de gran relevancia para las explotaciones dedicadas a la cría y engorde de ganado porcino a nivel mundial, impulsado por la creciente demanda de la sociedad por productos cuya procedencia asegure el respeto por el bienestar de los animales. La castración quirúrgica es tradicionalmente la técnica empleada para evitar el “olor sexual” en la carne de cerdos machos, y representa una situación dolorosa y estresante para el animal. Se presenta la inmunocastración como una técnica alternativa a la castración quirúrgica, respetuosa del bienestar de los cerdos, e incluso con beneficios productivos y económicos. Se realizó un ensayo con el fin de evaluar el desempeño productivo de cerdos machos sometidos a distintos métodos de castración (Quirúrgica vs. Inmunocastración). Se utilizó un DCA, disponiendo de 12 réplicas (UE: lote semanal de 1500 lechones) para el tratamiento “Castración Quirúrgica” y 31 réplicas para el tratamiento “Inmunocastración”. La castración quirúrgica se realizó entre los 7 y 10 días de vida, mientras que la inmunocastración consistió en 2 dosis de Improvac[®] (a los 90 y 120 días de vida). Se registró el Consumo de Ración Diario (CRD), Ganancia de Peso Diaria (GPD), Conversión Alimenticia (CA), % de mortandad y % de descarte para ambos tratamientos para el período destete-venta. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) a favor del tratamiento “Inmunocastración” para los índices Consumo de Ración Diario (CRD) y Conversión Alimenticia (CA), mientras que para los índices Ganancia de Peso Diaria (GPD), % de mortandad y % de descarte, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre métodos de castración.

Índice de contenidos

Resumen.....	3
Índice.....	4
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	11
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones.....	24
Bibliografía.....	25
Anexos.....	30

Índice de tablas

Tabla 1 Peso al destete.....	15
Tabla 2 Peso Final, Edad de venta y GPD Nac-Venta.....	18
Tabla 3 ANOVA Peso al Destete.....	30
Tabla 4 ANOVA CRD S2-S3.....	30
Tabla 5 ANOVA Edad de Venta.....	30
Tabla 6 ANOVA Peso Final.....	31
Tabla 7 ANOVA GPD S2-S3.....	31
Tabla 8 ANOVA GPD Nac-Venta.....	31
Tabla 9 ANOVA CA S2-S3.....	32
Tabla 10 ANOVA % Mortandad S2.....	32
Tabla 11 ANOVA % Mortandad S3.....	32
Tabla 12 ANOVA % Descarte S3.....	33
Tabla 13 Shapiro-Wilks. a) Consumo de Ración Diario (CRD), b) Ganancia de Peso Diaria (GPD), c) Conversión Alimenticia (CA), d) % de mortandad S2, e) % de mortandad S3, f) % de descarte S3.....	34
Tabla 14 Composición (%) del Tejido muscular y Tejido adiposo.....	37

Tabla 15 Comparación de parámetros productivos entre machos enteros e inmunocastrados con una dieta diferente en los machos después de la segunda dosis de vacuna (Palomo y col, 2010).....	39
Tabla 16 Comparación de resultados entre Machos castrados físicamente, inmunológicamente, machos enteros y hembras, Fábrega, E. y col (2009).....	39
Tabla 17 Resultados zootécnicos de cerdos ibéricos castrados quirúrgicamente e inmunocastrados, Palomo Yagüe, A. (2009).....	40

Índice de gráficos

Gráfico 1 Consumo de Ración Diario (CRD) en kg/día, para el periodo destete a venta (S2-S3) según Método de Castración.....	16
Gráfico 2 Ganancia de Peso Diaria (GPD) en kg /día, para el periodo destete a venta (S2-S3) según Método de Castración.....	17
Gráfico 3 Conversión Alimenticia (CA), para el periodo destete a venta (S2-S3) según Método de Castración.....	19
Gráfico 4 % de Mortandad en S2 (Sitio 2) para los lotes de acuerdo al Método de Castración.....	21
Gráfico 5 % de Mortandad en S3 (Sitio 3) para los lotes de acuerdo al Método de Castración.....	22
Gráfico 6 % de Descarte en S3 (Sitio 3) para los lotes de acuerdo al Método de Castración.....	23
Gráfico 7 QQ-Plot para Consumo de Ración Diario (CRD), Ganancia de Peso Diaria (GPD), Conversión Alimenticia (CA), % de mortandad S2, % de mortandad S3 y % de descarte S3.....	33
Gráfico 8 Diagrama de dispersión para Consumo de Ración Diaria (CRD), Ganancia de Peso Diaria (GPD), Conversión Alimenticia (CA), % de mortandad S2, % de mortandad S3 y % de descarte S3.....	35
Gráfico 9 Concentración de Androstenona y escatol en tejido graso de machos enteros.....	36
Gráfico 10 Concentración de Androstenona y escatol en tejido graso de machos inmunocastrados.....	36
Gráfico 11 Deposición de tejido muscular de machos enteros (línea azul) y castrados quirúrgicamente (línea roja) en función del peso vivo.....	37
Gráfico 12 Deposición de tejido graso de machos enteros (línea azul) y castrados quirúrgicamente (línea roja) en función del peso vivo.....	38

Gráfico 13 Índice de Conversión alimenticia de machos enteros (línea verde) y machos castrados físicamente (línea naranja) en función del peso vivo.....	38
Gráfico 14 Nivel de inmunidad y compuestos de olor sexual en función del tiempo transcurrido desde la aplicación de 1 ^{era} y 2 ^{da} dosis para la inmunocastración.....	40

Introducción

La carne porcina es la carne más consumida a nivel internacional. En el año 2012, según USDA, se consumieron 105,1 millones de toneladas de carne porcina, 56 millones de carne bovina por año y 81,6 millones de carne aviar. Así, la carne de cerdo representa el 43,3% de las 3 carnes citadas (Fundación Mediterránea., 2013). El consumo mundial de carne porcina alcanza un promedio anual per cápita que ronda los 16 kg, sin embargo, en Argentina, el consumo por habitante aparente está aproximadamente en la mitad de la media mundial. En relación a esto, el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020 muestra que de las proyecciones del sector cárnico hacia el año 2020, es la carne porcina la que tendrá mayor crecimiento con un 193% (Gabosi, H., 2012).

Luego de la devaluación de la moneda ocurrida en 2002, las condiciones macroeconómicas para la producción porcina mejoraron considerablemente, especialmente por el encarecimiento del cerdo importado y el mejoramiento de los precios internos en términos reales. Esto permitió que en los últimos años se vislumbrara una clara recuperación de la actividad porcina (Millares, P., 2012). De ésta manera, la producción de cerdos en la República Argentina comienza a transitar un camino de oportunidades que la llevarán al desarrollo y a la consolidación, lo cual implica indefectiblemente enfrentar desafíos y amenazas. El progreso observado en el conocimiento de las diversas tecnologías que influyen en la producción de cerdos, origina la necesidad de una rápida actualización con miras a la introducción constante de modificaciones que permitan operar en un contexto más complejo y competitivo (Brunori, J., 2013).

Dentro de los diferentes aspectos que rodean a los sistemas de producción porcina actuales a nivel mundial, el Bienestar Animal se ha transformado en un tema de gran relevancia y muy discutido en los últimos años. Según FAO (2012), el bienestar animal en el sector porcino no es una mera cuestión práctica para mejorar la salud de los animales y aumentar la productividad, es también una cuestión ética, ya que el bienestar de los cerdos es responsabilidad de los productores y demás partes involucradas en el sector. En éste sentido, en los países industrializados, el sector comercial de cerdos tiene que hacer frente a la presión creciente que ejercen los consumidores para que se abandonen las prácticas de producción no conformes con la concepción actual de bienestar animal. Más allá de esto, hay pruebas que demuestran que la adopción de buenas prácticas de bienestar animal por encima de los requisitos mínimos puede abrir oportunidades de comercialización para los productores comerciales, sobre todo en vista del creciente nivel de exigencia de los consumidores.

Como ejemplo de interacción entre el sector comercial y el sector de producción, recientemente en EEUU, la empresa McDonald's, siguiendo lo que ya hicieron Burger King y Wendy's, ha solicitado que sus proveedores dieran trato humanitario a los cerdos; por lo cual les exigió que eliminaran el uso de las jaulas estrechas para el encierro de las hembras preñadas. Esta disposición, que se encuadra dentro del conjunto de medidas que reclama el grupo de activistas

reunidos en “Sociedad Humana” -entidad que trabaja para lograr el bienestar animal-, lleva a un cambio sustancial en el manejo de los animales; en el negocio de los fabricantes de insumos; y en las relaciones con el medio y los consumidores, entre otros alcances (Infobae, 2012).

La castración quirúrgica de los lechones machos durante las primeras semanas de vida, con el objetivo de reducir el olor sexual de la carne es hoy una práctica habitual en muchas granjas de nuestro país, y es considerada, principalmente en aquellos países con legislación vigente al respecto (como la Unión Europea por ejemplo), perjudicial para el bienestar de los cerdos. Consiste en la realización de normalmente dos incisiones en el escroto, mediante la utilización de un elemento cortante (bisturí por ejemplo) con el objetivo de liberar los testículos de los tejidos que lo rodean y realizar un corte a nivel del cordón espermático para eliminarlos. Según FAWEC (Farm Animal Welfare Education Centre) (2013), la castración quirúrgica sin anestesia o analgesia se considera un procedimiento doloroso y estresante, demostrable por una serie de cambios fisiológicos y de comportamiento que son claramente indicativos de dolor y estrés. Es por éstas cuestiones, que en la UE por ejemplo, desde 2012 toda castración quirúrgica debe incluir analgesia prolongada y/o anestesia y desde 2018 se deberá abandonar la castración quirúrgica en toda la Unión Europea (FVE, 2009; PIGCAS, 2009).

Es sabido que los cerdos “enteros” se desempeñan mejor durante la recría y engorde 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, engordar 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). Sin embargo, a pesar de las ventajas de utilizar machos enteros, en muchos países no optan por utilizar este tipo de animales principalmente por la presencia de olor sexual en algunas de las canales (5 a 10%) (Diestre, 1996; Ciria y Garces 1996).

Según Diestre (1996), los principales compuestos que contribuyen a la presencia de olor sexual son la androstenona y el escatol. La androstenona es una feromona masculina producida por los testículos, acumulándose en la grasa y las glándulas salivales, durante el cortejo y la monta ésta es liberada con los mordiscos del macho lo que atrae e induce a la hembra a tomar la posición de unión (Giersing et al., 2000; Babol et al. 1999). El escatol procede de la fermentación anaeróbica bacteriana del triptófano en el intestino grueso (Lundstrom y Zamaratskaia, 2006) de tanto machos como de hembras, aunque en mayor concentración en los machos enteros, ya que ciertos esteroides testiculares inhiben su degradación en el hígado, llegando al intestino y estando disponible para la degradación bacteriana. El escatol en el intestino grueso, pasa al torrente sanguíneo, desde donde es depositado en diferentes tejidos corporales, sobre todo en el adiposo, ya que tiene una naturaleza afín a las grasas (Jensen, 2006).

Al calentar la carne de cerdo, la grasa emana éste olor sexual que, en algunos consumidores, es percibido como un “olor desagradable” (Xue, J.L. y Dial, G.D., 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).

Debido a las limitaciones que presenta la castración quirúrgica respecto al bienestar animal y al menor desempeño zootécnico en ciertos parámetros productivos y calidad de canal con respecto a machos enteros, se ha trabajado en encontrar nuevas técnicas alternativas capaces de conseguir los mismos efectos sin tener la necesidad de aplicar el método de castración quirúrgica.

Dentro de las alternativas a la castración física se consideran la castración con anestesia, la producción de machos enteros en base a estrategias genéticas y nutricionales, así como la aplicación de semen seleccionado por sexo y la inmunocastración. La primera conlleva importantes dificultades en la práctica de la producción poblacional, la segunda es lo que hoy empleamos con grandes limitaciones sobre los temas de olor sexual, la selección seminal aún está en fase experimental, y la inmunocastración con Improvac® ya está aprobada en 56 países (Palomo Yagüe, 2009). La inmunocastración se comenzó a desarrollar en 1992 en Australia, autorizándose en dicho país y Nueva Zelanda en 1998 (Hennessy, 2009). También hay más de 25 millones de cerdos sacrificados en Brasil con dicha alternativa y con beneficios económicos demostrados.

La alternativa de la inmunocastración, consiste en una vacuna que estimula el sistema inmunitario del animal para la producción de anticuerpos que inhiben la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). De esta forma, se inhibe el desarrollo de los testículos, y por consiguiente la producción de los esteroides que allí se producen como testosterona y androstenona; esta última se mencionó anteriormente como una de las causas del olor sexual de la carne. El otro factor substancial que ocasiona el olor sexual es el escatol, cuya concentración disminuye, debido a que merced a la menor concentración de esteroides testiculares, el hígado lo puede metabolizar más eficazmente.

La vacuna consiste en dos dosis, y los animales inmunizados comienzan a comportarse como castrados a partir de la segunda dosis, ya que hasta ese momento su crecimiento es igual al de un macho entero. La primera dosis sensibiliza el sistema inmune, pero no estimula niveles efectivos de anticuerpos contra GnRH. La segunda dosis estimula la producción de niveles altos de anticuerpos GnRH que neutralizan la GnRH natural del cerdo inhibiendo temporariamente la función testicular.

Con la administración de la segunda dosis de inmunocastración 4 a 5 semanas antes de la faena, los machos enteros seguramente estarán libres de compuestos de olor de macho entero (Teixeira, F. y Tocchet, M., 2014).

Si los machos enteros son criados hasta el inicio de la pubertad (aproximadamente a las 16 o 17 semanas de edad), sus ventajas metabólicas naturales sobre los castrados son progresivamente neutralizadas por los efectos negativos del aumento de la agresividad y comportamientos sexuales, los cuales a su vez

disminuyen la ingestión de alimento, gastan más energía y reducen la tasa de crecimiento a niveles por debajo del potencial óptimo. Luego de las dos dosis recomendadas en el esquema de inmunización, los machos que recibieron la vacuna, consistentemente crecerán mejor que los machos enteros no inmunizados, porque la inmunocastración controla la agresividad y los comportamientos sexuales que los machos típicamente demuestran desde la mitad hacia el final de la pubertad (aproximadamente 17 a 21 semanas de edad), al reducir la producción de testosterona (Teixeira, F. y Tocchet, M., 2014).

Los machos inmunocastrados frente a los enteros no tienen olor sexual ni agresiones, presentando mayor consumo de pienso y ganancia media diaria y menor porcentaje de magro (Fábrega, 2009). Estos primeros frente a los castrados quirúrgicamente tienen mayor rendimiento magro, menos grasa dorsal y mejor ganancia media diaria (Schmoll, 2009), además de mejor índice de conversión, estando en este parámetro más cerca de los enteros (Fabrega, 2009).

Según Lincoln (2010); los cerdos inmunocastrados, respecto a los castrados quirúrgicamente, aumentan su apetito a partir de la segunda dosis entre un 10 – 14%, mejoran el índice de conversión entre un 6 - 9%, tienen mayor ganancia media diaria de peso (+15%), menor nivel de grasa dorsal (9.14 vs 11.43 mm), mayor rendimiento de magro (58.08 vs 56.79).

Más allá de todos los beneficios de la inmunocastración sobre la productividad, hay una serie de puntos a tener en cuenta que podrían afectar la aceptación final de ésta técnica:

- La aceptación por parte de la población.
- Problemas en seguridad alimentaria debido a la presencia de residuos en la carne.
- La seguridad del personal que la aplica. Al poder inyectarse a sí mismos, se generarían los mismos efectos que en los animales.

Objetivos

- ✓ El objetivo de este Trabajo Final de Graduación es evaluar el efecto del método de castración (Quirúrgica Vs. Inmunocastración) sobre determinados parámetros productivos en cerdos destinados a faena, con el fin de efficientizar el proceso de producción.

Materiales y Métodos

Para la realización de éste trabajo se dispuso de datos relevados y aportados por una granja de producción porcina intensiva perteneciente a la empresa Pacuca S.A., ubicada en el partido de Roque Pérez (Provincia de Buenos Aires). El ensayo a partir del cual fueron registrados éstos datos tuvo un año de duración aproximadamente (desde Agosto de 2010 hasta Agosto de 2011). Esta granja, es una típica granja de producción porcina intensiva, totalmente bajo confinamiento y debido a su escala y volumen de producción es multi-sitio, es decir, que está dividida en diferentes sitios de producción (separados física y geográficamente unos de otros) dentro de cada cual se lleva a cabo una etapa diferente del proceso productivo. Esta división por sitios consiste básicamente en:

- Sitio 1: Cachorrera, Padrillera, Gestación y Maternidad.
- Sitio 2: Recría
- Sitio 3: Engorde o Terminación.
- Además también la granja cuenta con otras instalaciones como fábrica de alimentos balanceados, laboratorio de análisis de materias primas y alimentos y demás.

El ensayo en sí abarcó todos los sitios de producción, ya que tanto el efecto de los tratamientos como el registro de información tuvo lugar en diferentes momentos que abarcan prácticamente toda la estadía del cerdo en una granja. Puntualmente fue llevado a cabo en maternidad (Sitio 1), Recría (Sitio 2) y Terminación (Sitio 3). En cuanto a las características de las instalaciones, éstas son típicas de una granja intensiva moderna y tecnificada.

Maternidad: La granja cuenta con 13 salas de maternidad, cada una de las cuales tiene 64 jaulas/corrales donde se alojan las cerdas para parir. En cuanto a las características constructivas, están equipadas con pisos plásticos enrejillados (slats), sistema de paneles evaporativos para el control de la temperatura ambiental, jaula anti-aplaste para la cerda, lámparas infrarrojas y mantas térmicas para el control térmico del lechón.

Recría: El sitio 2 está constituido por 9 galpones de recría, con 84 pistas por galpón. Cada pista tiene capacidad para alojar aproximadamente 35 cerdos. En cuanto a las características constructivas, están equipados con pisos plásticos enrejillados (slats), comederos fijos (uno cada 2 pistas), sistema de alimentación automático, comederos de apoyo, chupetes para el consumo de agua (2 por pista) y sistema de túneles de viento y panel evaporativo para el control ambiental.

Terminación: El sitio 3 está constituido por 28 galpones de terminación, con 42 pistas por galpón. Cada pista tiene capacidad para alojar aproximadamente 36 cerdos. En cuanto a las características constructivas, están equipados con piso de hormigón enrejillados (slats), comederos fijos, sistema de alimentación automática, chupetes para el consumo de agua y sistema de túneles de viento y panel evaporativo para el control ambiental.

Respecto al flujo semanal de animales en la granja, éste se produce a través de un sistema de producción en bandas, en el cuál cada semana del año ocurren los mismos eventos. Es decir, todas las semanas nacen aproximadamente 3000 lechones (machos y hembras). A su vez, también todas las semanas se desteta un lote semanal de lechones (destete a 21 días de vida), que pasan a ocupar luego un galpón completo de Recría (Sitio 2), en el cual permanecerán hasta los 70 días de vida. Cada semana, también, se vacía un galpón de Recría y éstos animales pasan a ocupar 2 galpones completos de Terminación (Sitio 3), en los cuales los cerdos permanecerán hasta ser enviados a faena (a los 160 días de vida aproximadamente), situación que ocurre todas las semanas también.

Ensayo

Se evaluaron 2 métodos de castración: “Castración Quirúrgica”; siendo éste el método tradicionalmente utilizado en la producción porcina de nuestro país e “Inmunocastración”, como método alternativo adaptado al bienestar animal.

El método de “Castración Quirúrgica” consistió en la realización de 2 incisiones en el escroto mediante bisturí, con posterior corte de los testículos a nivel del cordón espermático entre los 7 y 10 días de vida, mientras el lechón se encontraba lactando en las salas de Maternidad (Sitio 1).

El método “Inmunocastración” consistió en la aplicación mediante inyección subcutánea en el cuello, de dos dosis del producto Improvac[®] - Pfizer. La 1^{er} dosis fue aplicada a los 90 días de vida y la 2^{da} dosis a los 120 días de vida, mientras los animales se encontraban en los galpones de Terminación (Sitio 3).

Para la realización del ensayo se dispuso de 43 lotes semanales de aproximadamente 1500 cerdos machos cada uno. Del total de lotes evaluados, a 12 se les asignó el tratamiento de “Castración Quirúrgica” mientras que para el tratamiento “Inmunocastración” fueron asignados 31 lotes. Si bien de ésta manera la cantidad de réplicas por tratamiento quedaría desbalanceada se decidió disponer de todos los datos (lotes) para no desaprovechar información (para el caso de inmunocastración puntualmente).

A partir del comienzo del período experimental, a cada lote semanal de lechones machos nacidos le fue asignado uno de los dos tratamientos al azar, conformando así la unidad experimental. Se utilizó un Diseño Completamente aleatorizado.

Diseño experimental: DCA.

Unidad experimental: Lote semanal de 1500 lechones machos aproximadamente.

Factor: Método de Castración.

Niveles: 2

- Tratamiento 1: Castración Quirúrgica
- Tratamiento 2: Inmunocastración

Réplicas: - Quirúrgica: 12

- Inmunocastración: 31

Luego del destete a los 21 días aproximadamente, independientemente del tratamiento que recibieron, los lechones de un lote semanal completo fueron alojados en un galpón de Recría (Sitio 2), donde permanecieron aproximadamente hasta los 75 días de vida. Luego, cada lote fue alojado ocupando 2 galpones de Terminación (Sitio 3) hasta ser enviados a faena a los 160 días de vida aproximadamente.

Se registró la edad y el peso de los animales al momento de entrada y salida a cada sitio. A su vez, también se registró el consumo de alimento por etapa, la cantidad de animales muertos y los descartados. Una vez obtenida la información por lote, se calcularon los distintos índices productivos. Para éste ensayo puntualmente, se utilizaron los siguientes índices para comparar la respuesta productiva según método de castración:

1. **Peso al destete.**
2. **Consumo de Ración Diaria (CRD):** para el período destete a venta (S2-S3).
3. **Peso final.**
4. **Ganancia de Peso Diaria (GPD):** para el período destete a venta (S2-S3) y Nacimiento a venta.
5. **Conversión Alimenticia (CA):** para el período destete a venta (S2-S3).
6. **% de Mortandad:** en sitio 2 y 3.
7. **% de Descarte:** en sitio 3.

Para el cálculo de la GPD Nacimiento a venta, se considera el valor de 0 como peso inicial o de nacimiento. Esto no influye en los resultados ya que el peso al nacimiento es una variable que posee distribución normal, y la asignación de que tratamiento correspondía a cada uno de los lotes que conformaron las réplicas se realizó al azar.

Respecto del plan nutricional que se llevó adelante durante el período experimental, no difirió del que normalmente utiliza la granja. Este consiste en un sistema de alimentación por presupuesto para los sitios 2 y 3 (en sitio 1 los lechones se encuentran lactando), es decir, que se asigna una determinada cantidad de alimento a consumir por animal y por etapa de alimentación o categoría de alimento.

En cuanto a la genética, los animales utilizados, al igual que los que utiliza la granja normalmente, correspondieron a líneas sintéticas.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa Infostat Versión Juvenil (Universidad Nacional de Córdoba). Se realizaron Análisis de Varianza

(ANOVA) para encontrar diferencias entre tratamientos, considerando significativas pruebas con $p < 0.05$.

Se probaron los supuestos del modelo mediante gráficos QQ-Plot y analíticamente por la prueba de Shapiro – Wilks para el supuesto de normalidad. Para el supuesto de homocedasticidad se utilizaron gráficos de dispersión de residuos.

Resultados y Discusión

Peso al destete

En la tabla 1 se muestran los valores de Peso promedio al destete, Coeficiente de variación, peso máximo y peso mínimo para ambos métodos de castración.

Tabla 1. Peso al destete.

Método de Castración	N	Peso promedio (kg)	CV (%)	Máx. (kg)	Mín. (kg)
Quirúrgica	12	5,99 ^A	3,34%	6,34	5,62
Inmunocastración	31	6,00 ^A	3,00%	6,31	5,65

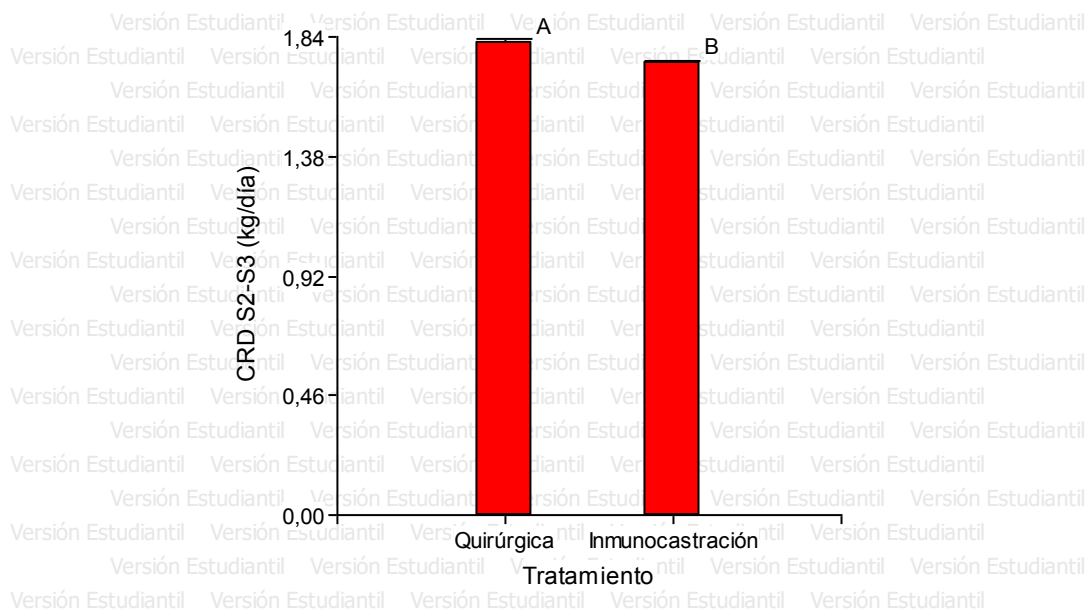
Letras distintas indican diferencias significativas (p<0.05)

Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en la Tabla 1, no se encontraron diferencias significativas para la variable peso al destete entre tratamientos, siendo incluso prácticamente igual tanto en su valor promedio como en coeficiente de variación y valores máximos y mínimos. A partir de esto, por un lado se puede determinar que la herida causada en los lechones para el tratamiento castración quirúrgica no tendría incidencia sobre el desempeño productivo de los mismos hasta el destete. Por otro lado, esto definió que los lechones de ambos tratamientos ingresaran con prácticamente el mismo peso y variabilidad del mismo al sitio 2, momento a partir del cual comenzaron a registrarse datos de consumo de alimento y crecimiento para el ensayo.

Consumo de Ración Diario (CRD)

Gráfico 1. Consumo de Ración Diario (CRD) en kg/día, para el período destete a venta (S2-S3) según Método de Castración.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en el gráfico 1, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el Consumo de Ración Diario (CRD) en el período que va desde el destete a venta entre métodos de castración, siendo de 1.82 kg/día y 1.74 kg/día para los tratamientos Castración Quirúrgica e Inmunocastración respectivamente. Esto representa una diferencia de 4.6% a favor del tratamiento Inmunocastración.

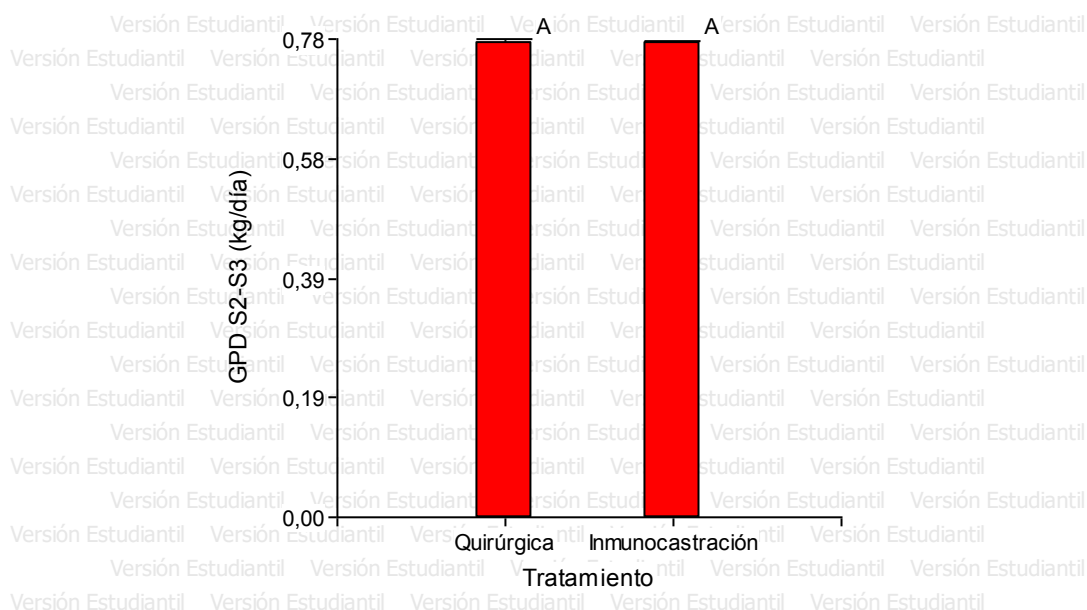
Coincidiendo con los resultados observados en este ensayo, Weiler et al. (1996) reportaron que los mayores niveles de testosterona en machos enteros estaban asociados con reducciones en el consumo de alimento. Campbell y Taverner (1998) y Bonneau et al. (1994) encontraron resultados similares también. Reportaron que los cerdos castrados tenían mayores niveles de consumo de alimento respecto a machos enteros.

Si bien en este ensayo no se midió el Consumo de Ración Diario (CRD) de manera diferenciada antes y después de la segunda inyección para realizar la inmunocastración, vale aclarar que el consumo de alimento no se comportaría de igual modo antes y después de la segunda inmunización. En relación a esto, Lealiifano et al. (2011) reportaron que no hubo diferencias en el Consumo de Ración Diario (CRD) las dos semanas inmediatas a la aplicación de la segunda dosis de inmunización. Sin embargo, durante las dos semanas posteriores a este período (2da a 4ta semana post segunda inmunización), los autores reportaron un 32% de incremento en el CRD para los cerdos inmunocastrados en comparación con los castrados quirúrgicamente. De manera similar, trabajos realizados por Dunshea et al. (2001), Rikard-Bell et al. (2009), Mc Cauley et al. (2003), y Oliver et al. (2003), en los que cerdos inmunocastrados tuvieron un incremento en el CRD desde 2 semanas luego de la segunda inyección hasta la faena. Este rápido cambio en el consumo de alimento podría ser en parte explicado por un cambio en

el comportamiento cuando los cerdos inmunocastrados hacen la transición desde machos enteros al estado de inmunocastrados, debido al menor gasto de tiempo dedicado a peleas y comportamientos sexuales (Dunshea et al. 2001), y al mayor tiempo dedicado a estar en el comedero (Cronin et al. 2003).

Ganancia de Peso Diaria (GPD)

Gráfico 2. Ganancia de Peso Diaria (GPD) en kg/día, para el período destete a venta (S2-S3) según Método de Castración.



Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en el gráfico 2, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para la Ganancia de Peso Diaria (GPD) en el período que va desde el destete a venta entre métodos de castración, siendo de 0.771 kg/día y 0.769 kg/día para los tratamientos Castración Quirúrgica e Inmunocastración respectivamente. De ésta manera, prácticamente no se observaron diferencias entre tratamientos para la GPD S2-S3.

Los resultados de GDP obtenidos en éste ensayo coinciden con los reportados por Morales et al. (2011) que no encontraron diferencias cuando se evaluó la GDP general.

A diferencia de lo observado en éste ensayo, un estudio independiente conducido en Suiza comparó el desempeño en crecimiento y características de carcasa en una grande población de machos inmunocastrados ($n=270$) y castrados quirúrgicamente ($n=263$). Los machos inmunocastrados presentaron mejor tasa de ganancia de peso (GDP), aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. Sin embargo, la producción de carne magra fue significativamente

mejor en machos inmunocastrados versus castrados quirúrgicamente (Teixeira, F. y Tocchet, M., 2014).

Coincidiendo con lo mencionado anteriormente, según Alves Pereira (2014) estudios recientes sobre los efectos de la inmunocastración de cerdos en fase de terminación tardía constataron que los cerdos inmunocastrados presenta Ganancia de Peso Diaria (GPD) 8,3% superior a la de los cerdos castrados quirúrgicamente.

Palomo Yagüe et al (2009), trabajando con cerdos ibéricos inmunocastrados en sistemas de alimentación racionada encontraron una mejora en la Ganancia de Peso Diaria (GPD) de 5%, lo que supone un ahorro muy considerable en el período de engorde, estimado en unos 14 días a favor de los machos inmunocastrados con respecto a los castrados quirúrgicamente.

Si bien en éste ensayo no se evaluó el desempeño productivo de los animales de manera diferenciada en; antes y luego de la inmunización, existen diferencias en la respuesta de los mismos de acuerdo al momento en el que se los evalúa. En relación a esto, Asmus et al. (2014) en un ensayo realizado encontraron que los cerdos inmunocastrados, tendían a tener una menor GDP ($p < 0.05$) y una mejora en la eficiencia de conversión antes de la segunda inmunización mientras aún eran machos enteros, debido a reducciones en el consumo de alimento. Mientras que luego de la segunda inmunización, los cerdos inmunocastrados tenían mayor GDP ($p < 0.05$) que los castrados quirúrgicamente. Esto concuerda con Morales et al. (2011) quien reportó que los cerdos castrados quirúrgicamente tenían mejor GDP que los inmunocastrados antes de la segunda inmunización de los mismos.

Peso Final, Edad de Venta y GDP Nacimiento - Venta

En la tabla 2 se muestran los valores promedio de Peso Final (kg), Edad de Venta (días) y GDP Nac-venta (kg/día) para ambos métodos de castración. También puede observarse los Coeficientes de Variación (%) para las variables Peso Final y Edad de venta.

Tabla 2. Peso Final, Edad de venta y GDP Nac-Venta.

Método de Castración	Peso Final (kg)	CV (%)	Edad de venta (días)	CV (%)	GPD Nac-Venta (kg)
Quirúrgica	117,48 ^A	1,77%	159,92 ^A	0,93%	0,735 ^A
Inmunocastración	116,58 ^A	2,20%	160,13 ^A	0,87%	0,728 ^A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en la tabla 2, el Peso Final promedio para el tratamiento Quirúrgica fue de 117.48 kg, mientras que para Inmunocastración fue 116.58, lo

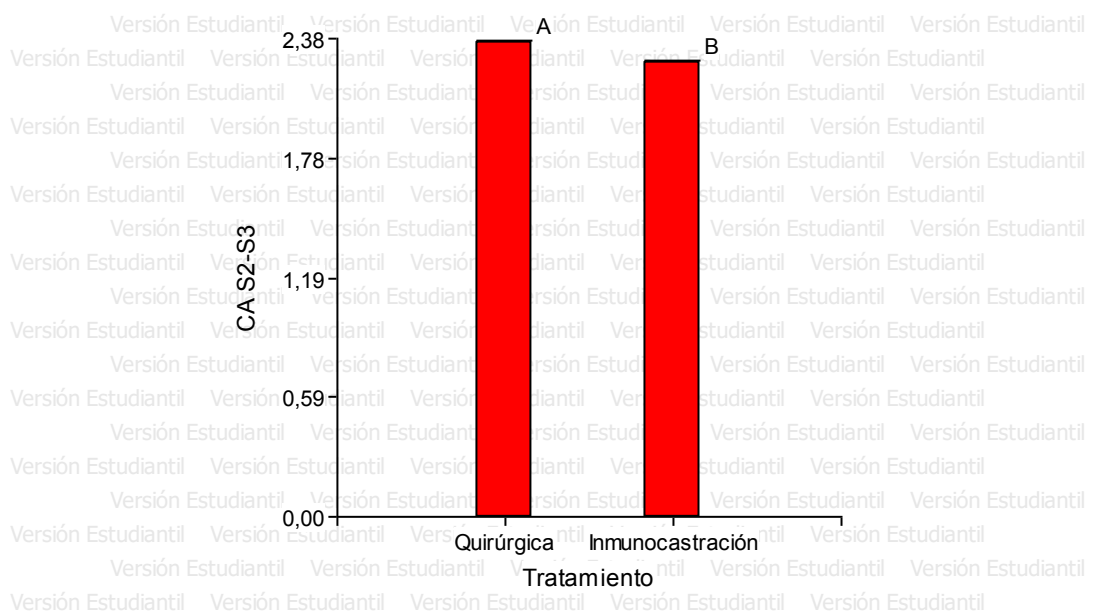
cual representa una diferencia, aunque no significativa, de 0.77% a favor del tratamiento Quirúrgica.

En cuanto a la Edad de venta, el valor promedio para el tratamiento Quirúrgica fue de 159.92 días, mientras que para Inmunocastración fue de 160.13, lo cual representa una mínima diferencia (no significativa) de 0.13%.

Para la variable GPD Nac-venta, no se encontraron diferencias significativas, lo cual era de esperar teniendo en cuenta que no se encontraron diferencias significativas tanto para el Peso al Destete como para la GPD S2-S3. La GPD Nac-venta fue de 0.735 kg/día para el tratamiento Quirúrgica y de 0.728 kg/día para la Inmunocastración, lo cual representa una diferencia de 0.96% a favor de la primera.

Conversión Alimenticia (CA)

Gráfico 3. Conversión Alimenticia (CA), para el período destete a venta (S2-S3) según Método de Castración.



Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en el gráfico 3, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la Conversión Alimenticia (CA) en el período que va desde el destete a venta entre métodos de castración, siendo de 2.361 y 2.261 kg de alimento/kg de Ganancia de Peso para los tratamientos Castración Quirúrgica e Inmunocastración respectivamente. Esto representa una diferencia de 4.42% a favor del tratamiento Inmunocastración.

Quiniou et al. (1996) informaron que machos enteros alcanzan una máxima deposición de proteína a un consumo de energía más bajo, lo que podría permitir a los cerdos inmunocastrados ser más eficientes antes de su segunda inmunización porque la deposición de tejido magro es energéticamente más eficiente que la deposición de grasa (NRC, 1998).

De igual manera, Palomo Yagüe et al (2009), trabajando con cerdos ibéricos inmunocastrados observaron una mejora de un 2,5 % en el índice de conversión derivado de una mayor eficiencia energética en los cerdos vacunados con Improvac® que los castrados quirúrgicamente (- 235 kcal de energía neta pienso para depositar cada kilo de peso vivo), lo que supone un relevante papel de dicha vacuna en el costo de alimentación por cerdo. Esta mejora la observaron en sistemas de racionamiento, que serán superiores en cerdos ibéricos comiendo a libre disposición.

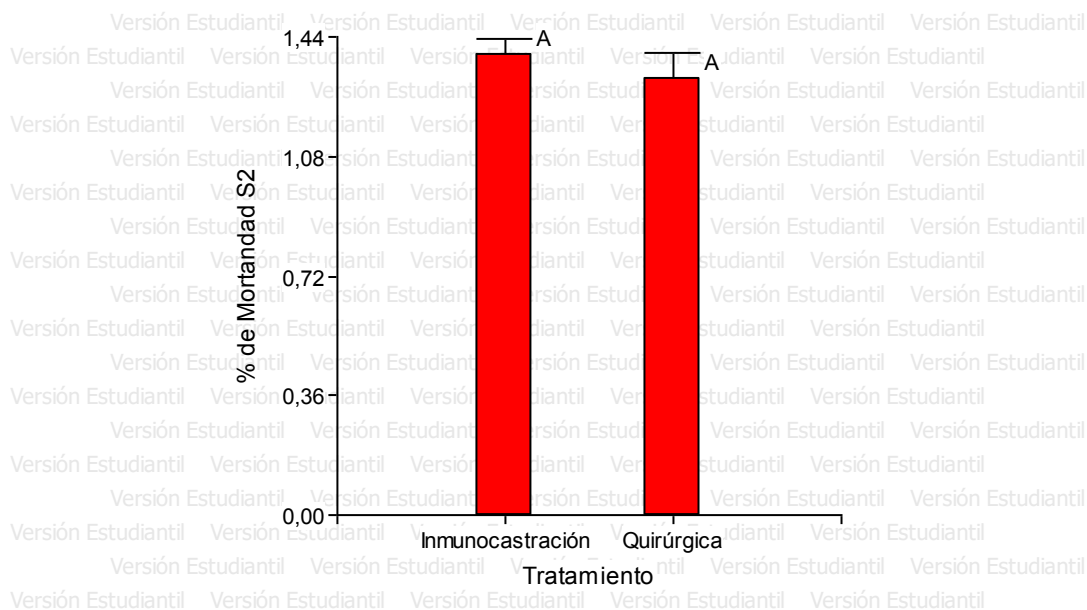
La distinta composición de la ganancia de peso, es decir, la distinta proporción de deposición de tejido magro y grasa por unidad de aumento de peso vivo entre machos enteros inmunizados y machos castrados quirúrgicamente explicaría la diferencia observada en cuanto a Conversión Alimenticia (CA), siendo explicado por los distintos requerimientos en términos de energía para la síntesis de los distintos tipos de tejidos (mayor para la síntesis de grasa respecto al tejido magro), (Anexo III y IV).

En relación a esto, estudios demuestran que el porcentaje de carne magra en machos inmunizados es comparable con la de machos enteros no inmunizados y superior a aquella de machos castrados quirúrgicamente. Por ejemplo, un experimento independiente conducido en el sudeste Asiático comparó varios parámetros de calidad de carcasa (Anexo III). Machos inmunocastrados presentaron menor espesor de tocino y mayor área del lomo y porcentaje de carne magra en comparación con cerdos castrados quirúrgicamente ($p < 0.05$) (Teixeira, F. y Tocchet, M., 2014).

Debido a que la producción de tejido graso requiere de mayor ingestión de alimento que la producción de carne magra, proporcionalmente la menor deposición de grasa de los machos inmunocastrados, indudablemente contribuye a una mejor conversión alimenticia. La grasa depositada representa un alto costo para el animal, debido a las propias características químicas de los tejidos adiposos que tienen baja incorporación de agua en su constitución, lo contrario al tejido muscular, que tiene aproximadamente 70% de agua añadida en su construcción (Anexo). Esto hace que los cerdos, al entrar en etapa de terminación, pierdan eficiencia de conversión alimenticia (Alves Pereira, F., 2014).

% de Mortandad

Gráfico 4. % de Mortandad en S2 (Sitio 2) para los lotes de acuerdo al Método de Castración.



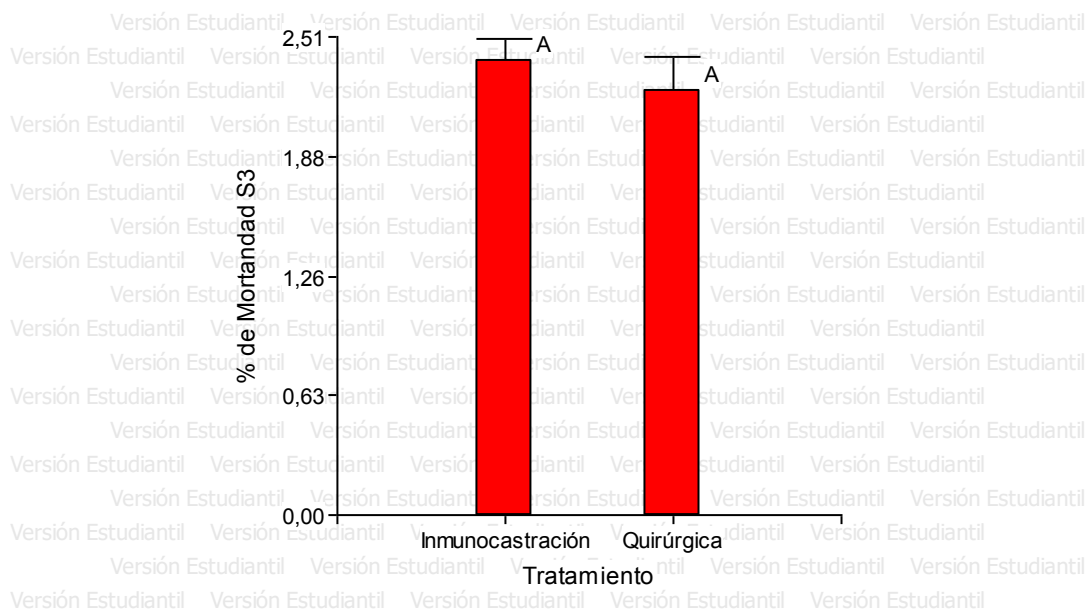
Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en el gráfico 4, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para la variable % de Mortandad en el período que va desde el destete a salida de sitio 2 entre métodos de castración, siendo de 1.310% y 1.379 % para los tratamientos Castración Quirúrgica e Inmunocastración respectivamente. Esto representa una diferencia de 5.26% a favor del tratamiento Castración Quirúrgica.

Más allá de la lesión que implica la incisión para la extirpación de los testículos y el riesgo de que ésta se convierta en una vía de ingreso de patógenos y posibilidad de generar infecciones, no se observaron diferencias entre tratamientos y de hecho, se observaron mayores casos de mortandad en el tratamiento de inmunocastración, con lo cual, la castración quirúrgica, de realizarla de manera correcta y con instrumentos previamente desinfectados no sería causa suficiente para observar mayores niveles de mortandad.

Por otro lado, en el período que va desde destete hasta 70 días de vida (estadía en Sitio 2), los machos enteros, no presentarían aun comportamientos agresivos que pudieran desencadenar problemas de mortandad, debido a que aún los cerdos no ingresan en la etapa de pubertad, la cual ocurre alrededor de la semana 16-17 de vida.

Gráfico 5. % de Mortandad en S3 (Sitio 3) para los lotes de acuerdo al Método de Castración.



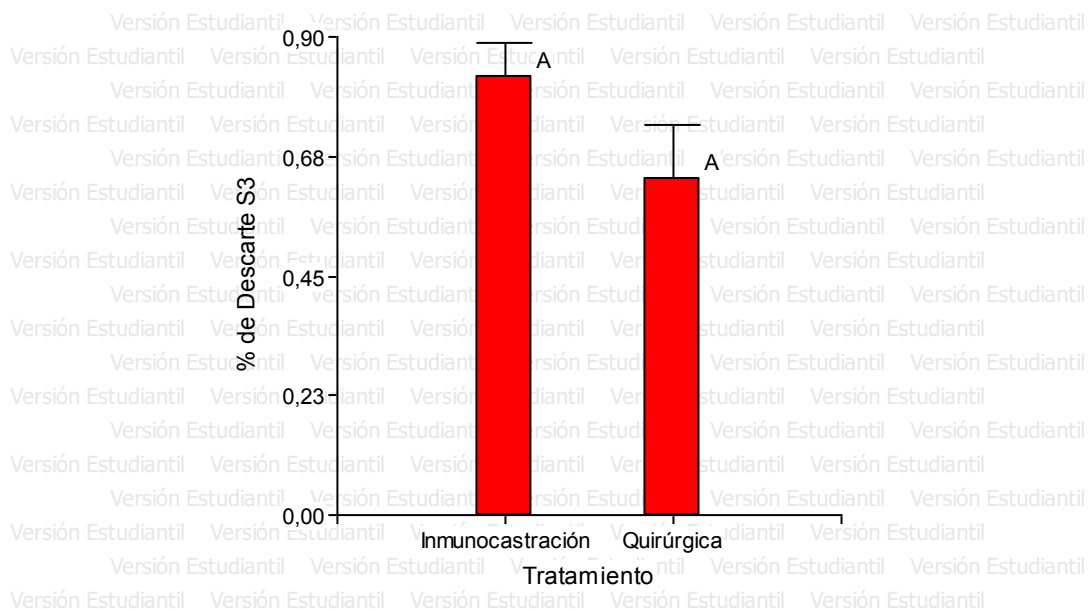
Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en el gráfico 5, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para la variable % de Mortandad en el período que va desde salida de sitio 2 a venta o salida de sitio 3 entre métodos de castración, siendo de 2.225% y 2.385 % para los tratamientos Castración Quirúrgica e Inmunocastración respectivamente. Esto representa una diferencia de 7,19% a favor del tratamiento Castración Quirúrgica.

Palomo, A. y col (2010) comparando lotes de cerdos enteros e inmunocastrados no observaron cerdos muertos por agresividad, obteniendo una mortalidad porcentual prácticamente idéntica en ambos lotes, siendo del 3,39 y 3,26 % en los cerdos inmunocastrados y en los enteros respectivamente. En cuanto a castración quirúrgica, Schmoll (2009) ha referenciado una mayor mortalidad en cerdos castrados quirúrgicamente que en cerdos inmunocastrados. En la misma línea, según Palomo, A. (2013), estudios indican que la tasa de mortalidad y desechos fue un 1.17% inferior en los inmunocastrados respecto a los castrados quirúrgicamente.

% de Descarte

Gráfico 6. % de Descarte en S3 (Sitio 3) para los lotes de acuerdo al Método de Castración.



Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Como puede observarse en el gráfico 6, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para la variable % de Descarte en el período que va desde salida de sitio 2 a venta o salida de sitio 3 entre métodos de castración, siendo de 0.635% y 0.826 % para los tratamientos Castración Quirúrgica e Inmunocastración respectivamente. Esto representa una diferencia de 30.0% a favor del tratamiento Castración Quirúrgica.

Esto demuestra que, de realizarse de manera correcta, ambos métodos de castración no tendrían influencia sobre el normal desarrollo de los cerdos, ya que como se dijo antes, sobre todo para el caso de la castración quirúrgica, si se hace de manera correcta y se tienen los cuidados correspondientes luego de la misma, los lechones no deberían verse afectados en su normal crecimiento (esto en relación a la posibilidad de que surjan problemas relacionados a la lesión generada para la castración).

Conclusiones

El empleo de la técnica de inmunocastración para reducir el olor sexual de la carne en cerdos machos evidenció diferencias significativas para las variables Consumo de Ración Diario (CRD) y Conversión Alimenticia (CA) en el período destete a venta (S2-S3), observándose menor CRD y CA que en el tratamiento “Castración Quirúrgica”. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos para la variable Ganancia de Peso Diaria (GPD), siendo prácticamente iguales los valores para ambos tratamientos. En relación a esto se puede concluir que para éste ensayo en particular, los cerdos sometidos al tratamiento “Inmunocastración” necesitaron consumir menor cantidad de alimento para lograr similar ganancia de peso que los cerdos castrados quirúrgicamente, logrando así una mejor Conversión Alimenticia (CA). Las diferencias en cuanto a la composición de la ganancia de peso (en cuánto a deposición de tejido magro y adiposo) entre machos enteros y castrados pudo haber tenido influencia en los resultados observados. Por otra parte, al no encontrar diferencias en la Ganancia de Peso Diaria (GPD), se puede concluir que la tasa de crecimiento no se vio influenciada por el método de castración.

En cuanto al porcentaje de mortandad y descarte, no se evidenciaron diferencias significativas según método de castración. Esto determinaría que la lesión provocada por la castración quirúrgica, de realizarse correctamente, no impactaría sobre el porcentaje de animales muertos y descartados debido a posibles infecciones que puedan provocar muerte o retraso en el crecimiento. Por otra parte, el posible comportamiento agresivo de los machos inmunocastrados durante su etapa de “enteros” tampoco impactaría en el porcentaje de mortandad y descarte.

Bibliografía

- Alves Pereira, F. *Producao de suínos: teoria e prática*. Brasília, Associação Brasileira dos criadores de suínos (ABCS), 1ª edicao, 2014, pág. 665.
- Asmus, M.D., Tavarez, M.A., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Schroeder, A.L., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., DeRouchey, J.M., (2014). The effects of immunological castration and corn dried distillers grains with solubles withdrawal on growth performance, carcass characteristics, fatty acid analysis, and iodine value of pork fat depots. *J. Anim. Sci.* 92:2116-2132.
- Babol, J., Squires, E. y Lundström, K. (1999). Relationship between metabolism of androstenone and skatole in intact male pigs. *Journal of Animal Science.* 77: 84-92.
- Bonneau, M. (1998). Use of entire males for pig meat in the European Union. *Meat Sci* 1998; 49:257.
- Bonneau, M., R. Dufour, C. Chouvet, C. Roulet, W. Meadus, and Squires, E., (1994). The effects of immunization against luteinizing hormone-releasing hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. *J. Anim. Sci.* 72:14–20.>
- Brunori, J. (2013). Producción de cerdos en Argentina: situación, oportunidades, desafíos. <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-de-cerdos-en-argentina-situacion-oportunidades-desafios/>
- Campbell, R. G., and M. R. Taverner. 1988. Genotype and sex effects on the relationship between energy-intake and protein deposition in growing-pigs. *J. Anim. Sci.* 66:676–686.
- Charette, L.A. (1961). 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.
- Ciria, J. y Garces, C. 1996. El cebo intensivo en ganado porcino. In: Buxadé, C. *Zootecnia. Bases de producción animal*, tomo VI. Porcinocultura intensiva y extensiva. Madrid, España. Mundi-Prensa. 382 p.
- Claus, R., Weiler, U., Herzog, A. (1994). Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar-A review with experimental data. *Meat Science* 1994; 38:289-305.

- Craig, H.B., Pearson, A.M. (1959). Some preliminary studies on sex odour in pork. *J. Anim. Sci.* 1959; 18:1557.
- Craig, H.B., Pearson, A.M., Web, N.B. (1962). Fractionation of the components responsible for sex odour in pork. *J Anim Sci* 1962; 27:29.
- Cronin, G. M., F. R. Dunshea, K. L. Butler, I. McCauley, J. L. Barnett, and P. Hemsworth. 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.
- Diestre, A. (1991). Producción de carne de cerdo utilizando machos enteros. *Cárnica* 2000 1991. Julio-Agosto:57.
- Diestre, A. 1996. La canal en el ganado porcino: Clasificación y calidad. In: Buxadé, C. *Zootecnia. Bases de producción animal, Tomo VI. Porcinocultura intensiva y extensiva.* Madrid, España. Mundi-Prensa. 382.
- Dunshea, F. R., C. Colantoni, K. Howard, I. McCauley, P. Jackson, K. A. Long, S. Lopaticki, E. A. Nugent, J. A. Simons, J. Walker, and D. P. Hennessy. 2001. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac®) eliminates boar taint and increases growth performance. *J. Anim. Sci.* 79:2524–2535.
- Fábrega, E. et al (2009). Resultados de diversas alternativas a la castración quirúrgica en cerdos. *Suis* n° 50 Julio/Agosto 26-34
- FAO. (2012). *Cerdos y el bienestar animal.* Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AH_welfare.html
- FAWEC (2013). Efecto de la castración en el bienestar del ganado porcino. <http://www.fawec.org/download/Efecto-castracion-del-ganado-porcino.pdf>
- Foulter, V.R., Mc William, T., Artken, R. (1981). Voluntary feed intake of boars, castrates and gilts given diets of different nutrient density. *Anim Prod* 1981; 32:357.
- Fundación Mediterránea. (2013). *Una Argentina Competitiva, Productiva y Federal. La cadena de la carne porcina y sus productos derivados.* Documento de trabajo año 19 – edición n° 130.
- FVE, (2009). *Federation of Veterinarians of Europe. Pig Castration, FVE Position Paper.*

http://www.fve.org/news/position_papers/animal_welfare/fve_09_040_castration_pigs_2009.pdf

- Gabosi, H. (2012). Producción Porcina Argentina. "La mejor alternativa para agregar valor en origen" ¿Por qué? <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-porcina-argentina-2012-la-mejor-alternativa-para-agregar-valor-en-origen-2012-bfpor-que/>
- Giersing, M., Lundström, K. y Andersson, A. (2000). Social effects and boar taint: Significance for production of slaughter boars. *Journal of Animal Science*. 78: 296-305.
- Harding, J. (1993). The risks and benefits of feeding intact male swine in the United States and Canada. *Swi Health Prod*1993; 1:11-18.
- Hennessy, D. (2009). Control mundial del olor sexual en porcino (IV). La vacunación frente al olor sexual en acción. *Mundo Ganadero* Octubre 09 17-19.
- Infobae. (2012). McDonald's pide a sus proveedores que den trato humanitario a los cerdos. <http://america.infobae.com/notas/44211-McDonalds-pide-a-sus-proveedores-que-den-trato-humanitario-a-los-cerdos->
- Jensen, B. B. (2006). *Acta veterinaria scandinavica* 48 (1) S6.
- Lealiifano, A. K., J. R. Pluske, R. R. Nicholls, F. R. Dunshea, R. G. Campbell, D. P. Hennessy, D. W. Miller, C. F. Hansen, and B. P. Mullan. 2011. 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.* 89:2782-2792.
- Lincoln, N. (2010). Cutting out castration with an innovative immunological alternative. *International Pig Topics*, Vol 25(4) 7-9.
- Lundstrom, K. y Zamaratskaia, G. (2006). *Acta veterinaria scandinavica* 48 (1) S1.
- McCauley, I., M. Watt, D. Suster, D. J. Kerton, W. T. Oliver, R. J. Harrell, and F. R. Dunshea. 2003. A GnRF vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin (Reporcin ®) have synergistic effects upon growth performance in both boars and gilts. *Aust. J. Agric. Res.* 54:11–20.
- Millares, P. (2012). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2012. Anuario.

- Morales, J. I., L. Camara, J. D. Berrocoso, J. P. Lopez, G. G. Mateos, and M. P. Serrano. 2011. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 large white sire lines. *J. Anim. Sci.* 89:3481–3489.
- Newell, J.A., Bowland, J.P. (1972). Performance, carcass composition and fat of boars, gilts and barrows fed two levels of protein. *Can J Anim Sci* 1972; 52:543-551.
- Nicholls, L.L., Price, M.M. (1987). Comparison of boars and barrows for meat quality characteristics and steroidal concentrations at four slaughter weights. In: 66th. Feedersí Day Report. Agriculture and Forestry Bulletin Special Issue. University of Alberta, Edmonton, 1987.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Oliver, W. T., I. McCauley, R. J. Harrell, D. Suster, D. J. Kerton, and F. R. Dunshea. 2003. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. *J. Anim. Sci.* 81:1959–1966.
- Palomo Yagüe, A. (2009). Inmunocastración en cerdos ibéricos. Ibéricos de Arauzo 2004 S.L.
- Palomo Yagüe, A (2013). Resumen 44^a reunión anual de la asociación americana de especialistas en porcino (AASV). *Av. Tecnol. Porc.* X (5): 24-36.
- Palomo, A. y col (2010). Resultados en parámetros productivos entre credos enteros e inmunocastrados con dos dietas diferentes de acabado. *Avances* Vol. VII / Abril 2010 68-74.
- PIGCAS, (2009). 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. <http://w3.rennes.inra.fr/pigcas/Public%20reports/D41%20ReportRecommendations.pdf>
- Quiniou, N., J. Y. Dourmad, and J. Noblet. 1996. Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100 kg body weight. 1. Protein and lipid deposition. *Anim. Sci.* 63:277–288.

- Rikard-Bell, C., M. A. Curtis, R. J. van Barneveld, B. P. Mullan, A. C. Edwards, N. J. Gannon, D. J. Henman, P. E. Hughes, and F. R. Dunshea. 2009. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. *J. Anim. Sci.* 87:3536–3543.
- Schmoll, F. (2009). Growth performance and carcass traits of boars raised in Germany and either surgically castrated or vaccinated against gonadotropin-releasing hormone . *Journal of Swine Health and Production*. September-October 250-255.
- Teixeira, F., Tocchet, M. *Producao de suínos: teoria e prática*. Brasília, Associacao Brasileira dos criadores de suínos (ABCS), 1ª edicao, 2014, págs. 703 y 704.
- Weiler, U., R. Claus, M. Dehnhard, and S. Hofacker. 1996. Influence of the photoperiod and a light reverse program on metabolically active hormones and food intake in domestic pigs compared with a wild boar. *Can. J. Anim. Sci.* 76:531–539.
- Wong, W.C., Boylan, W.J., Stothers, S.C. (1967). Effects of dietary protein level and sex on swine performance and carcass traits. *Can J Anim Sci* 1967; 48:535-544.
- Xue, J.L., Dial, G.D. (1997). Raising intact male pigs for meat: Detecting and preventing boar taint. *Swine Health and Production*. 1997;5(4):151 – 158.

Anexos

Anexo I: Análisis Estadístico.

Tabla 3. ANOVA Peso al Destete.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso al Destete	43	1,5E-04	0,00	3,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,2E-04	1	2,2E-04	0,01	0,9371
Tratamiento	2,2E-04	1	2,2E-04	0,01	0,9371
Error	1,42	41	0,03		
Total	1,42	42			

Tabla 4. ANOVA CRD S2-S3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CRD S2-S3 (kg/día)	43	0,31	0,30	3,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,05	1	0,05	18,70	0,0001
Tratamiento	0,05	1	0,05	18,70	0,0001
Error	0,12	41	2,9E-03		
Total	0,18	42			

Tabla 5. ANOVA Edad de Venta

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Edad de Venta (días)	43	4,4E-03	0,00	0,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,37	1	0,37	0,18	0,6725
Tratamiento	0,37	1	0,37	0,18	0,6725
Error	83,01	41	2,02		
Total	83,37	42			

Tabla 6. ANOVA Peso Final**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Final (kg)	43	0,03	3,8E-03	2,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,95	1	6,95	1,16	0,2880
Tratamiento	6,95	1	6,95	1,16	0,2880
Error	245,96	41	6,00		
Total	252,91	42			

Tabla 7. ANOVA GPD S2-S3**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GPD S2-S3 (kg/día)	43	2,0E-03	0,00	2,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,4E-05	1	2,4E-05	0,08	0,7774
Tratamiento	2,4E-05	1	2,4E-05	0,08	0,7774
Error	0,01	41	3,0E-04		
Total	0,01	42			

Tabla 8. ANOVA GPD Nac-Venta**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GPD Nac-Venta (kg/día)	43	0,04	0,01	2,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,7E-04	1	3,7E-04	1,57	0,2170
Tratamiento	3,7E-04	1	3,7E-04	1,57	0,2170
Error	0,01	41	2,4E-04		
Total	0,01	42			

Tabla 9. ANOVA CA S2-S3**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CA S2-S3	43	0,58	0,57	1,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,09	1	0,09	56,26	<0,0001
Tratamiento	0,09	1	0,09	56,26	<0,0001
Error	0,06	41	1,5E-03		
Total	0,15	42			

Tabla 10. ANOVA % Mortandad S2**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de Mortandad S2	43	0,01	0,00	20,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,04	1	0,04	0,55	0,4643
Tratamiento	0,04	1	0,04	0,55	0,4643
Error	3,13	41	0,08		
Total	3,17	42			

Tabla 11. ANOVA % Mortandad S3**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de Mortandad S3	43	0,01	0,00	27,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,22	1	0,22	0,54	0,4647
Tratamiento	0,22	1	0,22	0,54	0,4647
Error	16,63	41	0,41		
Total	16,86	42			

Tabla 12. ANOVA % Descarte S3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% de Descarte S3	43	0,06	0,03	46,27

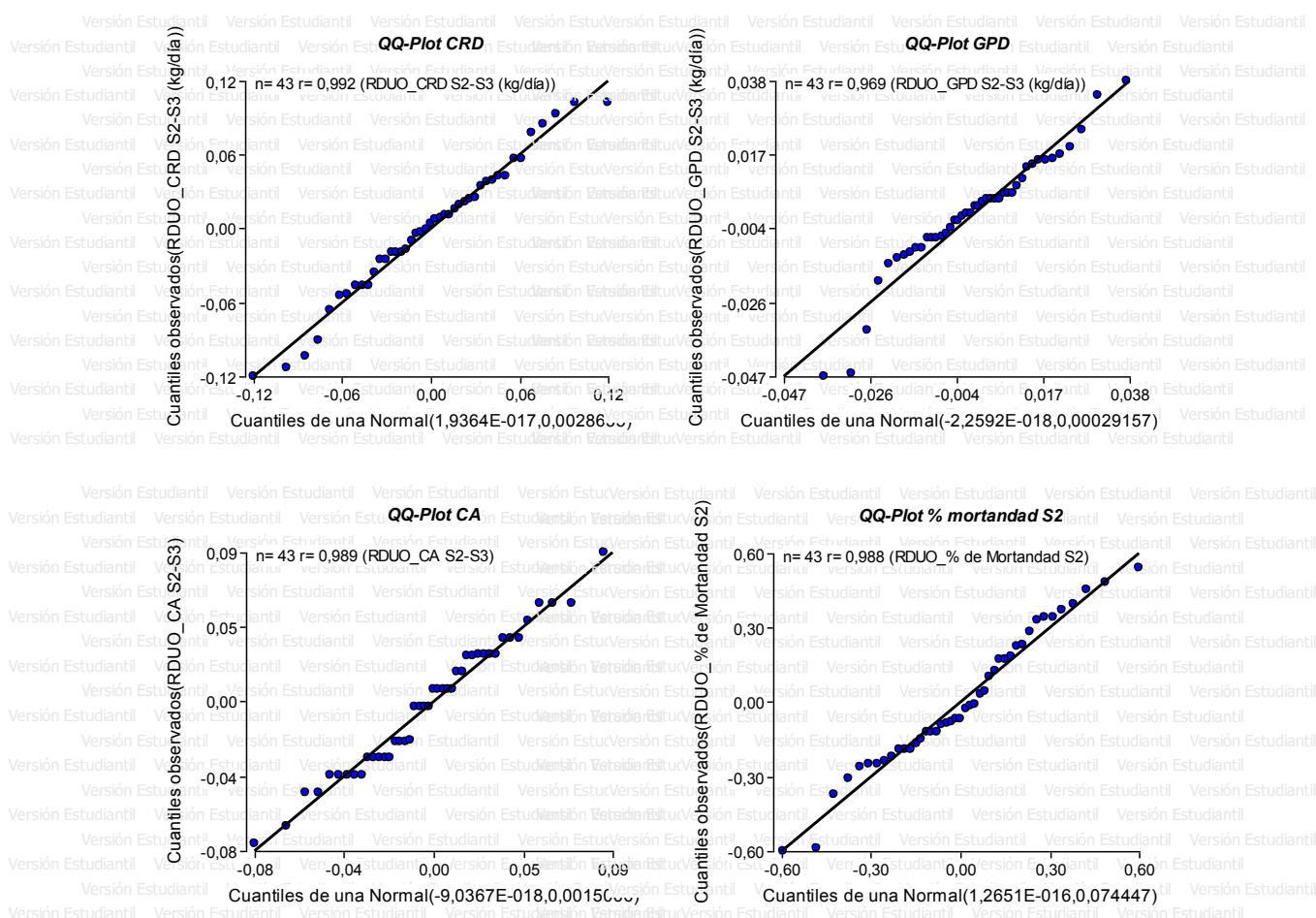
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,32	1	0,32	2,48	0,1231
Tratamiento	0,32	1	0,32	2,48	0,1231
Error	5,25	41	0,13		
Total	5,56	42			

Supuestos del modelo

Normalidad

Gráfico 7. QQ-Plot para Consumo de Ración Diario (CRD), Ganancia de Peso Diaria (GPD), Conversión Alimenticia (CA), % de mortandad S2, % de mortandad S3 y % de descarte S3.



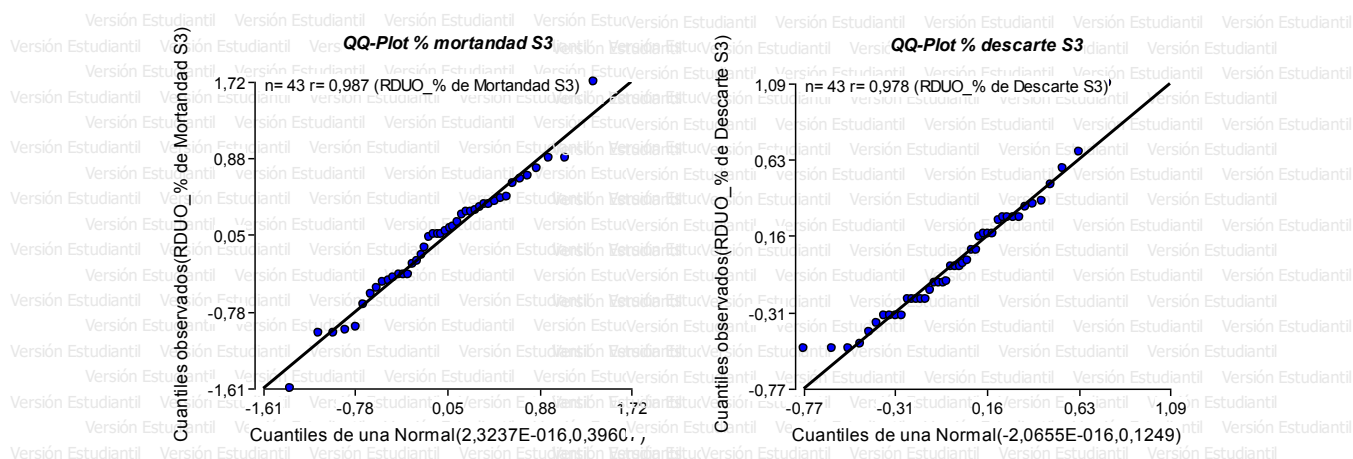


Tabla 13. Shapiro – Wilks. a) Consumo de Ración Diario (CRD), b) Ganancia de Peso Diaria (GPD), c) Conversión Alimenticia (CA), d) % de mortandad S2, e) % de mortandad S3, f) % de descarte S3.

a)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO CRD S2-S3 (kg/día)	43	0,00	0,05	0,96	0,4057

b)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO GPD S2-S3 (kg/día)	43	0,00	0,02	0,95	0,1825

c)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO CA S2-S3	43	0,00	0,04	0,96	0,4829

d)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO % de Mortandad S2	43	0,00	0,27	0,95	0,3106

e)

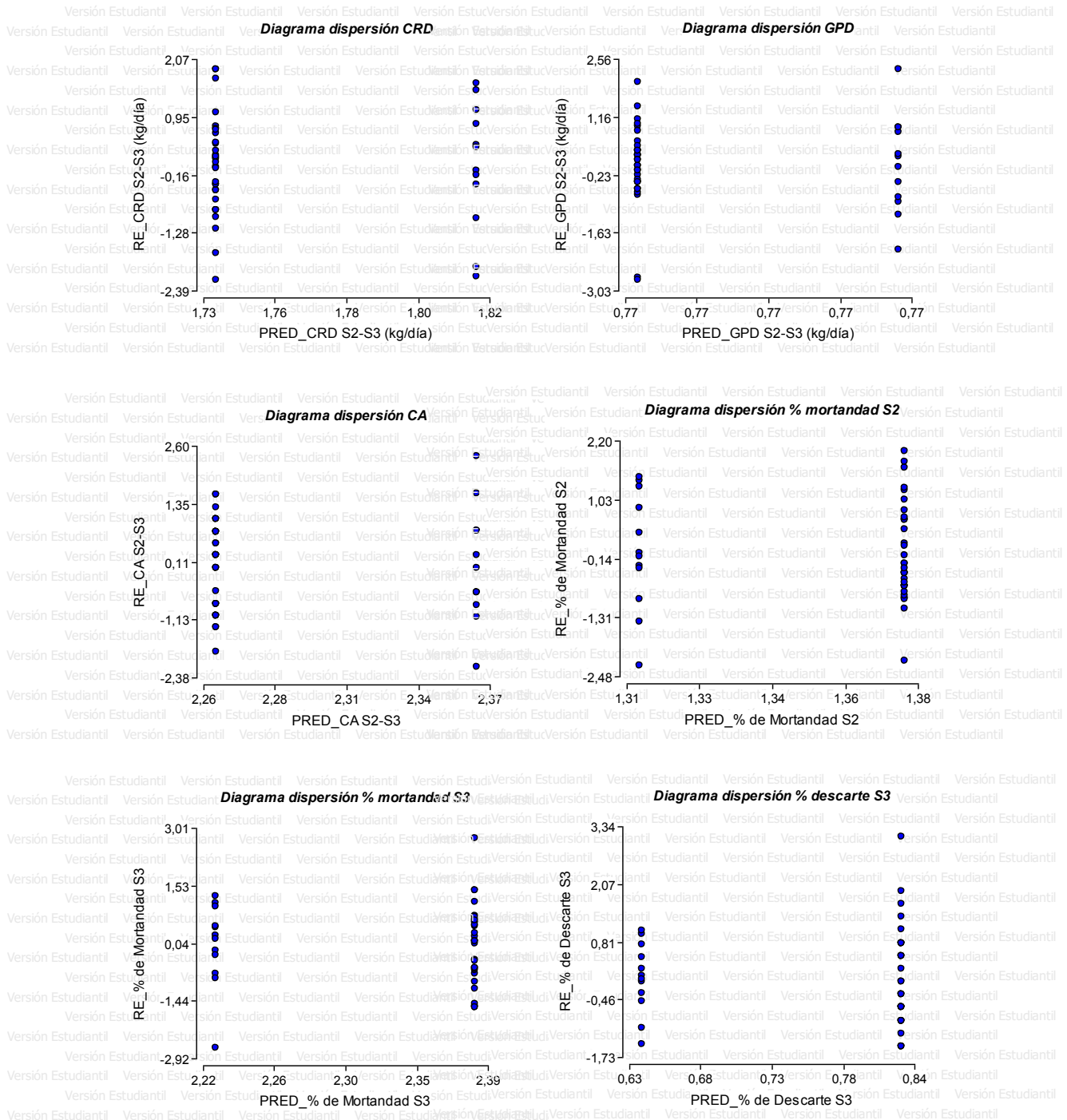
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO % de Mortandad S3	43	0,00	0,63	0,99	0,9746

f)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO % de Descarte S3	43	0,00	0,35	0,95	0,2090

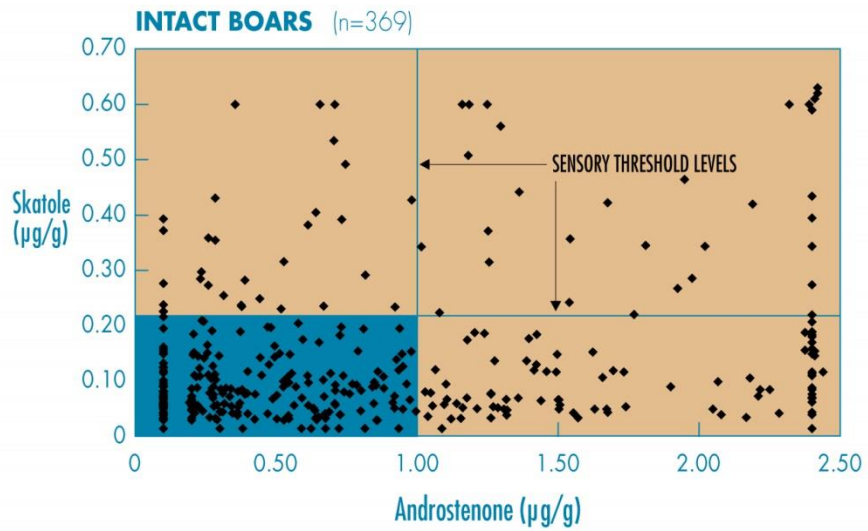
Homocedasticidad

Gráfico 8. Diagrama de dispersión para Consumo de Ración Diario (CRD), Ganancia de Peso Diaria (GPD), Conversión Alimenticia (CA), % de mortandad S2, % de mortandad S3 y % de descarte S3.



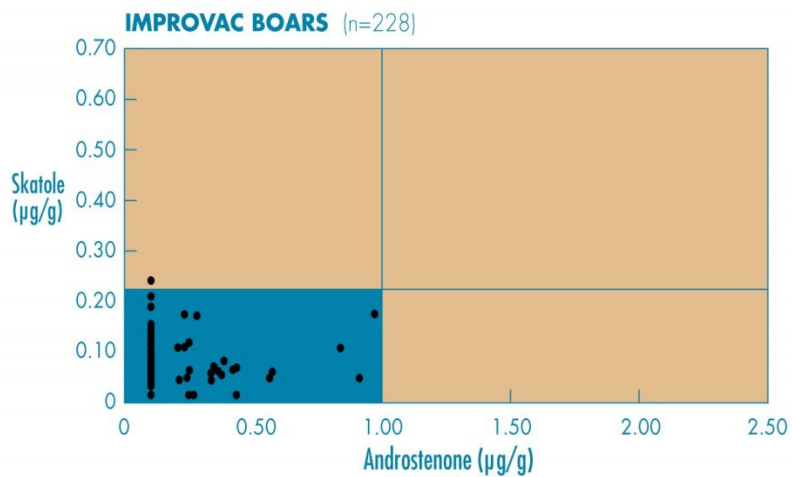
Anexo II: Concentración de compuestos de “olor sexual” en tejido graso de machos enteros y castrados

Gráfico 9. Concentración de Androstenona y escatol en tejido graso de machos enteros.



Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

Gráfico 10. Concentración de Androstenona y escatol en tejido graso de machos inmunocastrados.



Fuente: Elaboración propia con datos de Pacuca S.A. (2010).

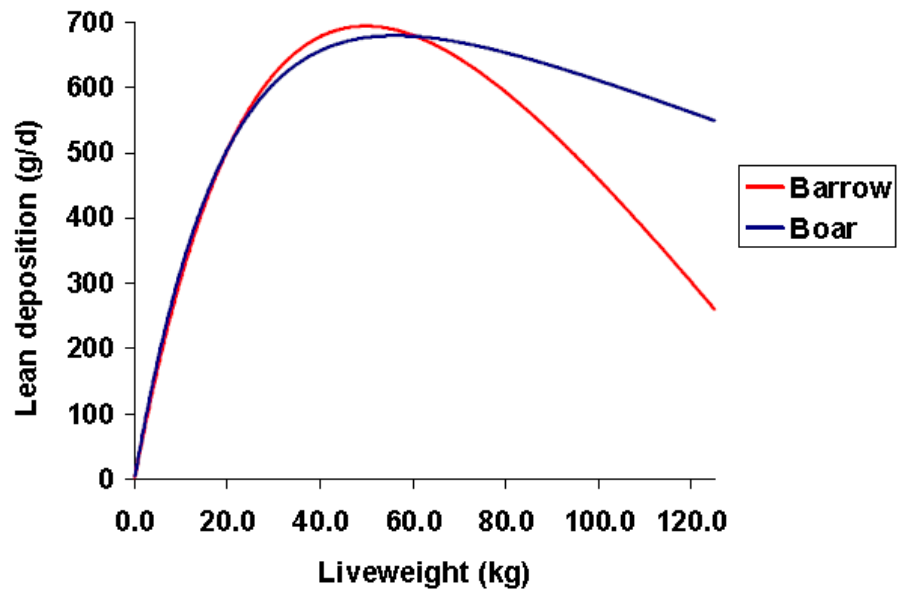
Anexo III: Composición de Tejidos y deposición según método de castración.

Tabla 14. Composición (%) del Tejido muscular y Tejido adiposo.

Contenido (%)	TEJIDO MUSCULAR	TEJIDO ADIPOSO
AGUA	69,9	18,7
PROTEINA	17,9	5,4
LIPIDOS	10,2	75,4
Energía - kJ/gr	8,5	31,3

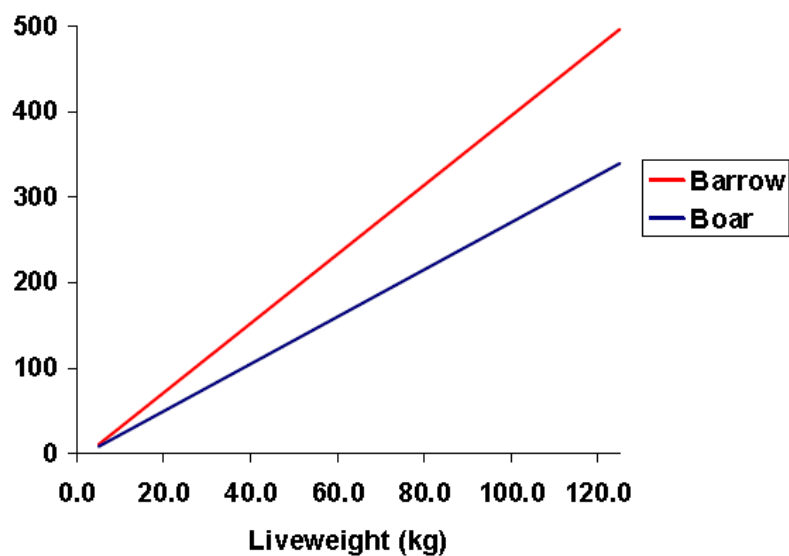
Fuente: Noblet, 2009.

Gráfico 11. Deposición de tejido muscular de machos enteros (línea azul) y castrados quirúrgicamente (línea roja) en función del peso vivo.



Puede observarse que los cerdos enteros depositan más tejido muscular que los castrados físicamente a mayor peso vivo.

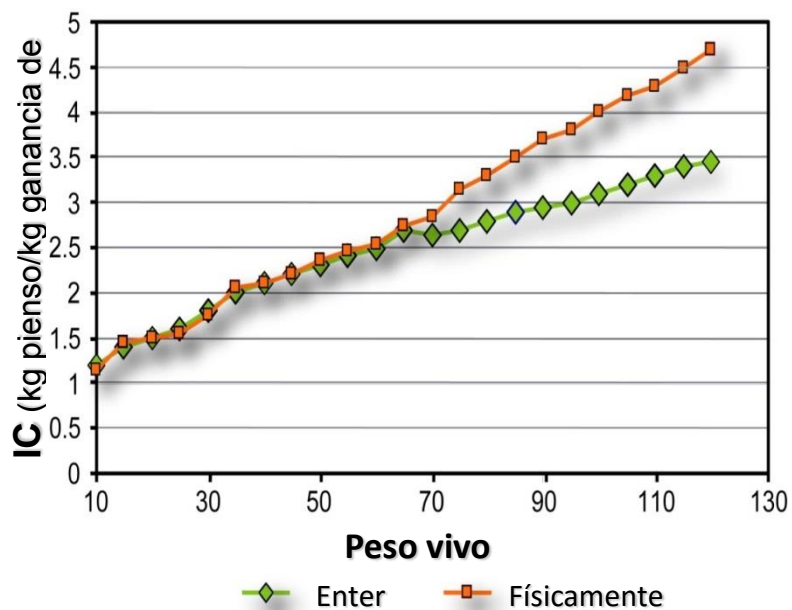
Gráfico 12. Deposición de tejido graso de machos enteros (línea azul) y castrados quirúrgicamente (línea roja) en función del peso vivo.



A partir del gráfico, puede observarse que los cerdos castrados quirúrgicamente depositan más grasa que los enteros durante todas las fases de crecimiento.

Anexo IV: Conversión Alimenticia Enteros vs. Físicamente castrados.

Gráfico 13. Índice de Conversión alimenticia de machos enteros (línea verde) y machos castrados físicamente (línea naranja) en función del peso vivo.



Anexo V: Resultados de desempeño zootécnico de cerdos inmunocastrados y castrados quirúrgicamente de acuerdo a diversos autores.

Tabla 15. Comparación de parámetros productivos entre machos enteros e inmunocastrados con una dieta diferente en los machos después de la segunda dosis de vacuna (Palomo y col , 2010).

	MACHOS ENTEROS	MACHOS IMPROVAC	Diferencial - %
Ganancia Media Diaria - gr	655	712	+8,7
Consumo total de pienso - Kg	231	237	+8,67
Índice de Conversión	2,78	2,78	
Tiempo estancia cebo - día	127	120	-5,83
Rendimiento canal - %	78,89	79,93	

Fuente: Palomo y col, 2010.

Tabla 16. Comparación de resultados entre Machos castrados físicamente, inmunológicamente, machos enteros y hembras, Fábrega, E. y col (2009):

	MACHOS CASTRADOS FISICA	MACHO IMPROVAC	MACHO ENTERO	HEMBRA ENTERA
74 a 176 días de Edad				
Peso Inicial – kg	28,77	27,67	26,65	26,48
Peso Final – kg	119,36	122,07	110,4	107,5
Ganancia media diaria - gr	894,81	921,07	806,42	777,78
Consumo medio diario - gr	2479,45	2323,42	2006,82	2041,49
Índice Conversión	2,77	2,53	2,5	2,63
146 a 176 (2º) días de Edad				
Peso Inicial – kg	85,8	85,77	83,92	84,29
Ganancia media diaria - gr	841,96	1166,16	807,84	734,24
Consumo medio diario - gr	2913,16	3425,57	2457,24	2396,78
Índice Conversión	3,47	2,97	3,12	3,29

Fuente: Fábrega, E. y col (2009).

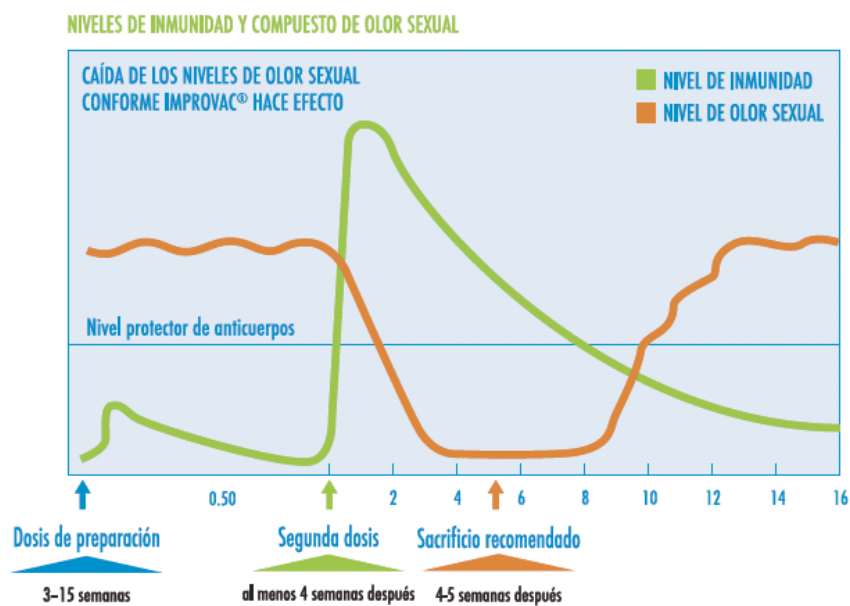
Tabla 17. Resultados zootécnicos de cerdos ibéricos castrados quirúrgicamente e inmunocastrados, Palomo Yagüe, A. (2009):

	Ganancia Media Diaria (gr)	Índice de Conversión	Eficiencia Energética (Kcal/kg)
Machos Quirúrgicos	614	3,912	9.165
Machos Inmunocastrados	645	3,801	8.390
Diferencial (%)	5,05	-2,56	-235

Fuente: Palomo Yagüe, A. (2009).

Anexo VI: Respuesta inmune y olor sexual en 1^{era} y 2^{da} dosis de inmunocastración.

Gráfico 14. Nivel de inmunidad y compuestos de olor sexual en función del tiempo transcurrido desde la aplicación de 1^{era} y 2^{da} dosis para la inmunocastración.



Anexo VII: Fotos

Foto 1. Detalle de aplicación de la vacuna para la inmunocastración en cerdos enteros.



Foto 2. Comparación de la calidad de carne entre cerdo entero, inmunocastrado y castrado quirúrgicamente.

		
CERDO ENTERO	IMPROVAC®	CERDO CASTRADO
Alto Riesgo de olor sexual Buena eficiencia alimenticia Buena composición de canal Compromete el bienestar animal	Olor sexual eliminado Buena eficacia alimenticia Buena composición de canal Amigable para el bienestar animal	No hay olor Eficiencia alimenticia deficiente Menos carne magra, más grasa Compromete el bienestar animal

Foto 3. Vista de los testículos en cerdos faenados, machos enteros (foto izquierda) y machos inmunocastrados (foto derecha).

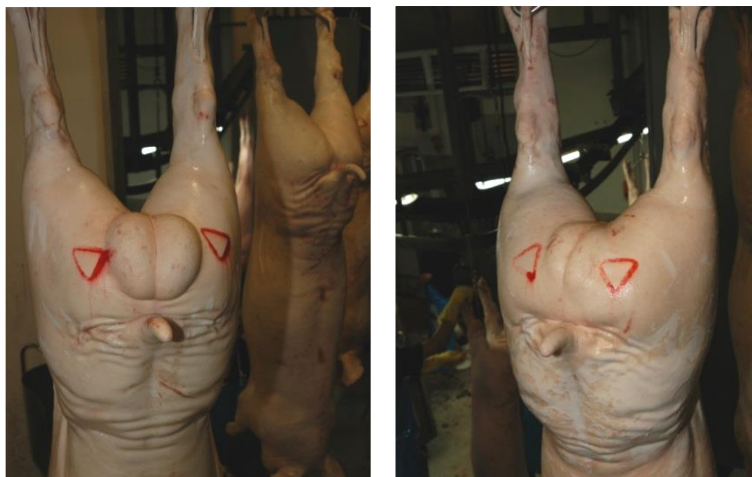


Foto 4. Vista de los testículos en cerdos en pie de 100-105 kg de peso vivo y 23 semanas de edad, machos enteros (izquierda) y machos inmunocastrados (derecha).



Foto 5. Detalle de los testículos de cerdos de 100-105 kg de peso vivo y 23 semanas de edad, machos enteros (izquierda) y machos inmunocastrados (derecha).



Anexo VIII: Situación legal de la inmunocastración a nivel mundial en el tiempo.

Esquema 1. Línea de tiempo de aprobación de la inmunocastración a nivel mundial.

<2005	2005-2008	2009	2010	2011
2 Países	21 Países	31 Países	4 Países	5 Países
Australia (1998) N. Zelanda (1998)	Argentina Brasil Chile Colombia Corea Costa Rica Ecuador El Salvador Filipinas Guatemala Honduras México Nicaragua Panamá Perú Rusia Sudáfrica Suiza Tailandia Venezuela Vietnam	Alemania Austria Bélgica Bulgaria Chipre Rep. Checa Dinamarca Eslovaquia Eslovenia España Estonia Finlandia Francia Grecia Holanda Hungría Islandia Irlanda Italia Letonia Lituania	Liechtenstein Luxemburgo Malasia Malta Noruega Polonia Portugal Reino Unido Rumania Suecia	Japón Croacia China Uruguay EEUU Canadá Ucrania Serbia - Mont. Rep. Dominicana