



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Evaluación de los Métodos de Castración
Inmunológica y Química en Cerdos como Alternativas
de Sustitución de la Castración Quirúrgica**

TESIS QUE PRESENTA

LAURO ANTONIO DELGADO SÁNCHEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

ASESOR: **Maestro en Ciencias en Producción y Salud animal
ANTONIO GARCÍA VALLADARES**

CO-ASESOR: **Maestro en Ciencias en Producción y Salud animal
RUY ORTIZ RODRÍGUEZ**

MORELIA MICHOACÁN, NOVIEMBRE DEL 2013.





**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Evaluación de los Métodos de Castración
Inmunológica y Química en Cerdos como Alternativas
de Sustitución de la Castración Quirúrgica**

TESIS QUE PRESENTA

LAURO ANTONIO DELGADO SÁNCHEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

MORELIA MICHOACÁN, NOVIEMBRE DEL 2013.



Agradecimientos

A Dios, por proporcionarme salud, por ayudarme a levantarme después de cada fracaso y por darme la oportunidad de llegar hasta este punto y por estar siempre a mi lado, gracias Dios.

*A mis padres **Lauro Delgado López** y **Rita H. Sánchez Chávez**, por siempre confiar en mí, a pesar de mis errores, por darme la oportunidad de ser alguien en la vida, por nunca rendirse para que no me faltara nada.*

A mi madre, porque siempre intentas hacerme una mejor persona, gracias por dame tu amor en todo momento.

A mis hermanas, por ser ellas también un gran apoyo todo este tiempo de mis estudios.

Gracias a mi asesor MC. Ruy Ortiz Rodríguez por dame su confianza, paciencia y consejo durante mi carrera y para la realización de esta tesis. Por el tiempo en el cual me compartió de sus conocimientos. Gracias por esta oportunidad.

Gracias a mi asesor MC. Antonio García Valladares por su consejo y apoyo para realizar esta tesis, por su paciencia y amabilidad.

*A mis abuelitas **Yolanda Chávez Albarán** y **Francisca López Peña**, a mis tíos **Jorge Contreras Contreras** y **Eneída Delgado López**, por su apoyo moral y económico que siempre me brindan.*

*A mis amigos y compañeros que me han acompañado durante la carrera en malos y buenos momentos, por su ayuda, consejos y cuidarme gracias **Santiago**, **Cristian**, **José Luis**, **José Jerónimo**, **Jesús**, **Betania**, **Jonás**, **José Guadalupe**, **Guadalupe** y **Rocío**.*

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 4 |
| 2.1 La porcicultura en México y el estado de Michoacán | 4 |
| 2.2 Fase de crecimiento en cerdos. | 7 |
| 2.3 Rendimiento de la canal de cerdo. | 9 |
| 2.4 Bienestar animal en la porcicultura | 11 |
| 2.5 Comportamiento sexual (Libido). | 12 |
| 2.6 Efecto de la castración en la producción de cerdos | 13 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 19 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| 4.1 Efecto del tipo de castración sobre ganancia diaria de peso (GDP). | 22 |
| 4.2 El Consumo diario de alimento (CDA). | 24 |
| 4.3 Conversión alimenticia (CA). | 25 |
| 4.4 Curva de crecimiento ajustada. | 27 |
| 4.5 Resultados de la prueba de comportamiento sexual. | 28 |
| 5. CONCLUSIONES | 30 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 32 |

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura N° 1. Población porcina en Michoacán (2001-2010). | 5 |
| Figura N° 2. Producción Porcina en Michoacan en el 2011. | 5 |
| Figura N° 3. Principales Entidades Productoras de Carne Porcino. | 6 |
| Figura N° 4. Curvas de crecimiento ajustadas ($\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 * S + \beta_2 * S^2$) de acuerdo al tipo de castración de los cerdos. | 27 |
| Tabla N° 1. Rendimiento de canal en base a 100 kg en pie y de acuerdo al peso vivo de los tejidos y órganos. | 9 |
| Tabla N° 2. Elementos a considerar para determinar el rendimiento de la canal en cerdos de 100 a 110 kg. | 10 |
| Tabla N° 3. Dosis Gluconato de Zinc de acuerdo a diámetro testicular. | 20 |
| Tabla N° 4. Prueba de comportamiento sexual de machos castrados química e inmunológicamente. | 21 |
| Tabla N° 5. Resultados Generales de Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia. | 23 |
| Tabla N° 6. Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia en Iniciación. | 23 |
| Tabla N° 7. Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia en Desarrollo. | 23 |
| Tabla N° 8. Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia Finalización. | 23 |
| Tabla N° 9. Peso Vivo Promedio de Acuerdo al Tipo de Castración* etapa: Inicio-Final. | 23 |
| Tabla N° 10. Prueba de Comportamiento Sexual de cerdos por tipo de castración. | 23 |
| Tabla N° 11. Costo de tratamiento por cerdo. | 29 |

Evaluación de los métodos de castración inmunológica y química en cerdos como alternativas de sustitución de la castración quirúrgica

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Delgado-Sánchez, L. A.ⁱ; García-Valladares, A.ⁱⁱ y Ortiz- Rodríguez, R.ⁱⁱⁱ

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar los métodos de castración química e inmunológica como alternativas de sustitución de la castración quirúrgica en cerdos. Se utilizaron 50 lechones (Pietrain x Duroc x Landrace), de dos semanas de edad y peso promedio de 2 kg. Se formaron 5 grupos (n=10): Grupo 1 castración quirúrgica (CQ); Grupo 2 tratamiento Inmunológico (CI); Grupo 3 castración química a dosis de 0.2 ml de Gluconato de Zinc (CG0.2); Grupo 4 castración química a dosis de 0.3 ml de Gluconato de Zinc (CG0.3); y Grupo 5 Testigo cerdos sin castrar (CE). En todos los grupos se evaluó: peso vivo (PV), consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA). El análisis estadístico de GDP se realizó mediante la metodología de los modelos lineales generalizados. Los resultados indicaron que la GDP fue afectada por el tipo de castración ($P < 0.001$). La mayor GDP global fue obtenida por los tratamientos CQ, CG0.2 y CE (0.595, 0.505 y 0.516 kg, respectivamente); diferentes a CI y CG0.3 ($P < 0.001$). Los CQ presentaron mayor CDA en comparación a los CE (1.495 y 1.301 kg). Los CG0.2 mostraron la más eficiente CA, así como el más bajo CDA (2.142 y 1.082 kg). El método CG0.2 promueve la eficiencia en el comportamiento productivo de los cerdos y es una alternativa para la satisfacción de los grupos que bogan por el bienestar animal. Sin embargo, se detecta un porcentaje considerable (57.1%) de cerdos con presentación de libido.

Palabras clave: *Castración, ganancia de peso, inmunológico, Gluconato de Zinc, bienestar animal.*

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the methods of chemical and immunological castration like alternatives of substitution of the surgical castration in pigs. 50 pigs were used (Pietrain x Duroc x Landrace), of two weeks of age and weight average of 2 kg. 5 groups formed (n=10): Group 1 surgical castration (CQ); Group 2 Immunological treatment (CI); Group 3 chemical castration to dose of 0,2 ml of Gluconato de Zinc (CG0.2); Group 4 chemical castration to dose of 0,3 ml of Gluconato de Zinc (CG0.3); and 5 Group Witness pigs without castrating (CE). In all the groups it was evaluated: alive weight (PV), daily food consumption (CDA), daily gain of weight (GDP) and nutritional conversion (CA). The statistical analysis of GDP was made by means of the methodology of the generalized linear models. The results indicated that the GDP was affected by the type of castration ($P < 0.001$). The greater global GDP was obtained by treatments CQ, CG0.2 and CE (0,595, 0,505 and 0,516 kg, respectively); different from CI and CG0.3 ($P < 0,001$). The CQ presented greater CDA in comparison to the CE (1,495 and 1,301 kg). The CG0.2 showed the most efficient CA, as well as the lowest CDA (2,142 and 1,082 kg). The method CG0.2 promotes the efficiency in the productive behavior of the pigs and is an alternative for the satisfaction of the groups that row by the welfare animal. Nevertheless, a considerable percentage (57.1%) of pigs with presentation of libido is detected.

Key words: *Castration, gain of weight, immunological, Gluconato de Zinc, welfare animal.*

ⁱ Tesista. Lauro Antonio Delgado Sánchez Lauroads27@hotmail.com

ⁱⁱ Asesor. Jefe del Sector de Alimentos de la FMVZ de la UMSNH. Km 9.5 carretera Morelia- Zinapécuaro Tarímbaro, Michoacán. México. agvantonio@yahoo.com

ⁱⁱⁱ Coasesor. Jefe del Sector de Producción Porcina de la FMVZ de la UMSNH. Km 9.5 carretera Morelia- Zinapécuaro Tarímbaro, Michoacán. México. ruyortiz@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de la carne del cerdo juega un papel importante en la porcicultura, ya que el consumidor se ha vuelto más exigente no solo en aspectos de presentación (color, olor, textura); sino además, demanda que los animales sean alojados, alimentados y cuidados bajo principios del bienestar animal. Su producción de carne debe abarcar, tanto los puntos que constituyen la cadena comercial (producción en la granja y consumo), como aspectos de bienestar animal (Prunier *et al.*, 2006).

Por lo tanto en la actualidad, el uso de animales en sistemas productivos intensivos, tiene importantes relaciones éticas, productivas y económicas, siendo en este aspecto cada vez mayor la preocupación a nivel mundial, originando la implementación de leyes que garanticen la calidad de vida de los animales (Higuera, 2012).

El interés por aspectos del confort de los animales se debe en esencia, a las evidencias que demuestran que el comportamiento del animal (reproductivo o productivo) puede ser afectado positivamente cuando las condiciones ambientales, de producción, instalaciones y practicas zootécnicas le son favorables; es decir, lo mantienen en confort (Alonso *et al*, 2004; Forcada, 2006).

En este sentido, se ha demostrado que la castración quirúrgica, realizada habitualmente en la producción de cerdos, es una práctica que somete al cerdo a

estrés, acarreado complicaciones que derivan en retraso en la producción y pérdidas económicas.

Existen otras alternativas que pueden sustituir a la castración quirúrgica y obtener los mismos o mejores resultados que esta. De ahí el interés de los grupos ambientalistas, de detener este tipo de práctica y evitar el sufrimiento innecesario en los cerdos. No obstante, la porcicultura nacional continúa con la castración quirúrgica como una práctica convencional, aunque ello implique obtener carne de menor calidad, en comparación con la que se obtienen al producir machos enteros (Fabrega *et al.*, 2011).

Por ello, es importante investigar alternativas que permitan satisfacer, tanto las necesidades del productor, como las demandas del consumidor y las exigencias de los grupos defensores de los derechos animales. Por ejemplo, en la mayoría de los países de Europa se ha adoptado la producción de machos enteros, lo que aporta las siguientes ventajas: disminuye el tiempo del nacimiento al mercado, puesto que crecen con mayor rapidez; y se logra un menor costo de producción, debido a que este tipo de cerdos consumen menos alimento (Zamora, 2009).

Otra posible alternativa para evitar la castración quirúrgica es la inmunocastración, la cual consiste en causar una reacción inmune frente a la hormona GnRH, una vez que el cerdo alcanza los 70 kg de peso vivo e intenta aprovechar las ventajas que presenta un cerdo entero. Esta reacción inmune ocasiona la disminución de la

producción de testosterona y en consecuencia, se inhibe el olor característico (escatol y androstenona) del verraco (Fonti y Gispert, 2011).

Otros métodos de castración no quirúrgica utilizados en otras especies y que puedan servir como alternativa a la industria de la porcicultura es la castración química, utilizada frecuentemente en perros. Este método implica la administración intratesticular de Gluconato de Zinc neutralizado con arginina (ACC&D, 2010). Al igual que la castración inmunológica, puede ser una opción para mejorar el potencial productivo de los cerdos (conversión de alimentos de origen vegetal a carne), mantener las propiedades de calidad de la carne y satisfacer la demanda de los grupos que defienden el bienestar animal.

2. ANTECEDENTES

2.1 LA PORCICULTURA EN MÉXICO Y EL ESTADO DE MICHOACÁN

El aumento de precios de las materias primas y el desplome del precio del cerdo, debido a una sobreoferta mundial de carne de cerdo en 2007, provocó una crisis en la porcicultura mexicana. Así, en octubre del mismo año el precio del cerdo se ubicó en \$12.6 kg y el precio del sorgo a \$2.3 kg. Estos precios y la posibilidad de mayores incrementos en los precios de los granos puso en crisis a la porcicultura, provocando que los poricultores demandaran a la Secretaría de Economía que detuviera las importaciones o aplicara aranceles a la carne de cerdo (Gómez *et al.*, 2011).

Esta situación no fue ajena a la producción porcina en Michoacán y aunque en el periodo 2007 a 2010 su comportamiento no fue favorable, el número de cabezas de cerdos presentó un ligero aumento en el año 2010 (Figura N°1).

En lo que respecta a toneladas de carne en canal en Michoacán, se observó que durante el 2011, la producción porcina tuvo un comportamiento positivo en cuanto a este indicador. Así, se produjeron 3.5 T durante enero y se terminó el año con 42.3 T, superando el pronóstico de 42.1 T a final del año (Figura N° 2).

Figura N° 1. Población porcina en Michoacán (2001-2010).

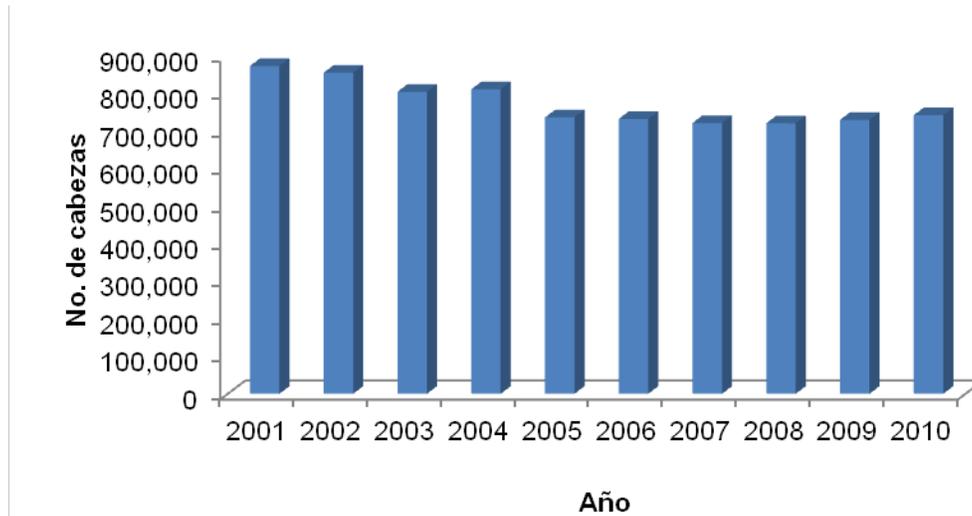
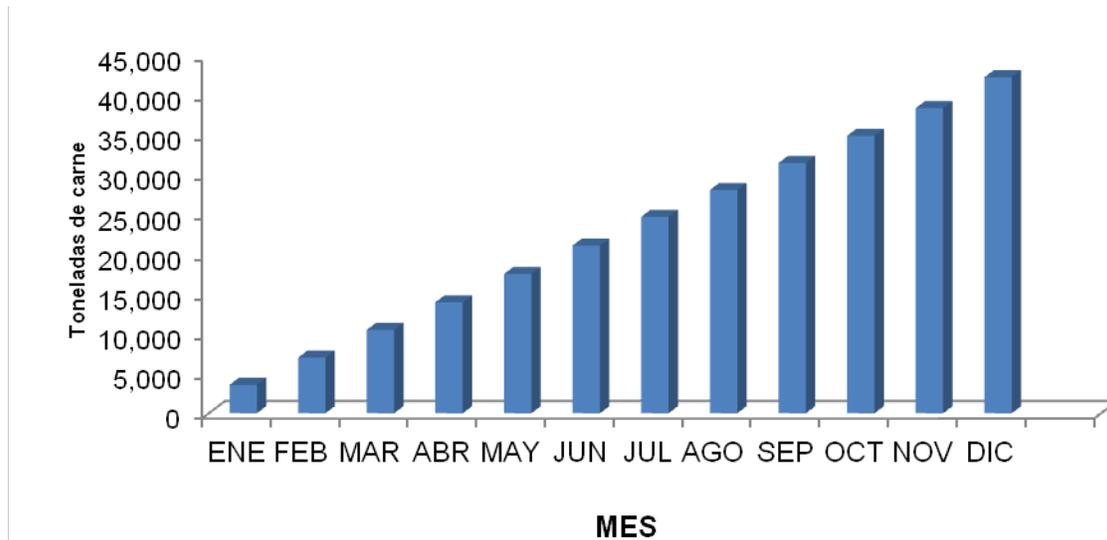
Fuente: SAGARPA^a, 2012.

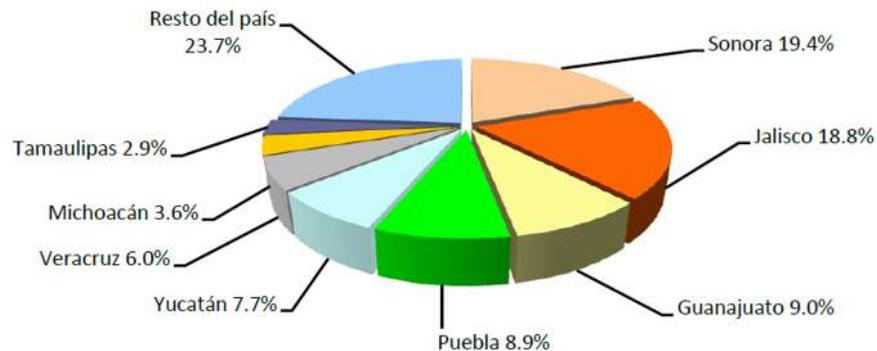
Figura N° 2. Producción Porcina en Michoacan en el 2011.

Fuente: SAGARPA^b, 2012.

Tanto la situación de la crisis del precio de grano, como la de la producción de cerdos en cabezas o en toneladas, repercutió seriamente en el país ocasionando que Michoacán se mantuviera en el 7° lugar entre los estados de mayor producción

porcina, contribuyendo con tan solo el 3.6% del total nacional en producción porcina (Figura N° 3) (SAGARPA, 2012).

Figura N° 3. Principales Entidades Productoras de Carne Porcino.



Fuente: SAGARPA^b, 2012.

En la actualidad, la porcicultura en Michoacán presenta obstáculos como el aumento de precios de las materias primas, el desplome del precio del cerdo y los efectos que ocasionan las importaciones de carne. Estos factores ocasionaron un freno en el crecimiento de la porcicultura estatal.

Sin embargo, no solo los aspectos de materias primas para la alimentación del cerdo o el precio en el mercado internacional juegan un papel importante en el crecimiento de la porcicultura, también juega un papel importante la calidad de la carne, sobre todo a la hora de cubrir la demanda del consumidor actual.

Por ello, la producción de carne de cerdo debe abarcar todos los puntos que constituyen la cadena comercial del cerdo: desde la producción en la granja (con todos sus aspectos: sanidad, bioseguridad, manejo, genética, alimentación, entre otros más), hasta el consumo pasando por el transporte, procesamiento y conservación (Eusse, 2009).

2.2 FASE DE CRECIMIENTO EN CERDOS

El crecimiento es el objetivo de la producción porcina, porque la carne que finalmente se consume, se produce por el incremento coordinado del tamaño de diferentes tejidos y desde el punto de vista de producción de carne, el principal interés se centra en el desarrollo del músculo, que forma la parte roja de la carne y que normalmente se refiere al tejido magro.

La forma de “S” es característica de la curva de crecimiento del cerdo, dicha forma es causada porque el cerdo pasa por diferentes etapas sucesivas desde la concepción a la madurez. El punto en que la curva deja de ser recta, se relaciona con la aparición de la pubertad. Los animales como el cerdo controlan su crecimiento por señales hormonales coordinadas (English *et al.*, 1992).

La hormona del crecimiento (GH: siglas en inglés), es requerida en el crecimiento normal del neonato, y durante la pubertad alcanza altas concentraciones; su ausencia provoca la detención del crecimiento. Las hormonas sexuales como la

testosterona, también influyen en el crecimiento postnatal; además, está establecido que los machos crecen más rápidamente que las hembras (Cunningham y Klein, 2009).

El hecho de que las hormonas sexuales estimulen el crecimiento se debe a que tienen un efecto anabólico sobre las proteínas y los principales componentes del músculo son las proteínas. Sin embargo, el incremento en la producción de hormonas sexuales coincide con la pubertad y ocasiona el cierre de las placas epifisarias, que son los puntos de crecimiento de los huesos. No obstante, los cerdos castrados también dejan de crecer eficientemente en ausencia de testosterona.

Se ha establecido que, tanto la GH como la testosterona influyen en la formación de tejidos; la GH eleva la tasa de síntesis de proteínas y la testosterona aumenta el depósito de estas últimas en los tejidos, especialmente de tejidos contráctiles como los músculos, a diferencia de la GH que no tiene afinidad específica por algún tipo de tejido (Guyton y Hall, 2011).

Es un hecho que el desempeño en el crecimiento, determina la eficiencia del cerdo para convertir materias primas -no atractivas como alimento de consumo humano- en carne; y el rendimiento de la canal del cerdo refleja dicha eficiencia productiva.

2.3 RENDIMIENTO DE LA CANAL DE CERDO

El rendimiento de la canal, es el primer aspecto considerado para valorar la productividad. Está condicionado por el contenido de los órganos digestivos en el momento de efectuar el peso, siendo más oportuno verificarlo después de 24 horas de ayuno reglamentario y por la rapidez con que se haga la determinación del peso en la canal (Tabla N°1), pues ésta puede sufrir pérdidas por evaporación hasta del 27% (Flores, 1978; citado por Rosas, 2010).

Tabla N°1. Rendimiento de canal en base a 100 kg en pie y de acuerdo al peso vivo de los tejidos y órganos.

| Tejidos y órganos | Peso vivo (kg) | Peso en canal (kg) |
|--------------------|----------------|--------------------|
| Peso total | 100.00 | 76.20 |
| Grasa | 35.00 | 35.00 |
| Intestinos | 12.00 | 12.00 |
| Pulmones | 3.00 | 3.00 |
| Hígado | 0.80 | 0.80 |
| Corazón | 0.20 | 0.20 |
| Riñones | 0.35 | 0.35 |
| Sangre | 5.00 | 0.05 |
| Desechos orgánicos | 2.00 | 0.02 |
| Esqueleto | 12.00 | 11.90 |
| Pelo | 0.50 | 0.01 |
| Tejido linfático | 0.15 | 0.02 |
| Piel | 6.00 | 5.80 |
| Tejido muscular | 25.00 | 24.00 |
| Agua | 2.00 | 0.40 |

Fuente: Flores1978; citado por Rosas, 2010.

De acuerdo con la Tabla N°1, se puede establecer que del peso vivo (PV) se puede obtener un rendimiento máximo de la canal del 76.2%, lo que está condicionado a la deshidratación natural originada por la refrigeración; al peso del esqueleto; la

cantidad de grasa en tejido muscular y en otros órganos; la proporción que representa el intestino y las vísceras (17%), y el peso de la piel (10%); aunque casi nunca se desuella el animal, excepto cuando se va a utilizar, ya sea para curtila o bien para freírla y hacer chicharrón (Flores, 1978; citado por Rosas, 2010).

Otros elementos considerados en el rendimiento de la canal en un cerdo de 100 a 110 kg de tipo cárnico, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N°2. Elementos a considerar para determinar el rendimiento de la canal en cerdos de 100 a 110 kg.

| Elemento | Parámetro |
|--|--------------------|
| Longitud de la canal | 76 a 80 cm |
| Espesor de la grasa en la espalda | 27 mm a 4 cm |
| Área del ojo de chuleta (10 ^a costilla) | 28 cm ² |
| Porcentaje de trozos de carne magra | 52 a 54% |

Fuente: Flores (1978; citado por Rosas, 2010).

Respecto a lo anterior, los machos enteros muestran un mejor rendimiento, conversión y calidad de canal, debido a un menor espesor de grasa dorsal y mayor área de ojo de chuleta. No obstante, se aconseja la castración quirúrgica para evitar el olor sexual que aparece en la pubertad y responder de esta manera al mercado que demanda cerdos castrados de preferencia (Pérez, 2009).

2.4 BIENESTAR ANIMAL EN LA PORCICULTURA

La producción animal en sistemas intensivos, como se ha venido señalando, involucra relaciones éticas, productivas y económicas, que incluyen el bienestar animal, reforzado por la implementación de leyes que buscan mejorar la calidad de vida de los animales (Zapata, 2002).

En México esta temática ha adquirido una gran importancia (Feld *et al.*, 2010) y actualmente el interés va relacionado con aspectos de confort; ya que la fisiología, el desarrollo y el comportamiento del animal, son influidos por las condiciones ambientales, de producción, instalaciones y prácticas zootécnicas (Alonso *et al.*, 2004; Forcada, 2006), que en caso de no ser adecuadas, pueden generar situaciones de estrés.

La respuesta del cerdo al estrés ambiental, puede ser negativo para el rendimiento productivo y/o reproductivo del cerdo (Muñoz, 2002; Kanis *et al.*, 2004; Wellock *et al.*, 2004). Existe evidencia de que la castración quirúrgica, acarrea complicaciones como infecciones e inflamaciones crónicas, que derivan en retraso en la producción y pérdidas económicas. Los grupos que pugnan por el bienestar animal, consideran que la castración puede provocar un dolor prolongado, que es mayor si se produce un desgarramiento de los tejidos, por lo que la consideran como perjudicial para el bienestar de los cerdos.

Bajo esta óptica, este tipo de grupos tienden exponer a la sociedad estas prácticas, buscando su apoyo para cancelar toda práctica que genere dolor o sufrimiento en los animales (EFSA, 2004).

2.5 COMPORTAMIENTO SEXUAL (LIBIDO)

El comportamiento sexual del macho entero se denomina libido, el cual depende básicamente de la producción de testosterona, que se lleva a cabo en los testículos. Dicho comportamiento se manifiesta por una amplia variedad de conductas que agrupan el cortejo, específicas de especie; algunas concretas del verraco son: olfateo de la vulva de la hembra, el topar suavemente a la cerda, emitir sonidos de tono grave, chasqueo de lengua y dientes, y con esto se produce salivación espumosa (*muscone*) (Fraser, 1980).

Esta conducta de cortejo, solo se presenta en presencia de una hembra y su función principal es estimularla para que sea receptiva a la monta. El principio de este estímulo son los esteroides olorosos (5α -androsteno l y 5α -androsteno na), que están almacenados en las glándulas submaxilares del verraco, mismos que al liberarse actúan como un estímulo sexual de feromonas en la cerda (Xue y Dial, 1997).

La presencia de este comportamiento solo ocurre durante y después de la pubertad, ya que la síntesis de las feromonas esteroides, responsables de esta conducta, se lleva a cabo en las células intersticiales del testículo (células de *Leydig*). Por tanto, la presencia de salivación espumosa en un cerdo en presencia de una hembra,

castrado por un método no quirúrgico (método químico o inmunológico), podría ser indicativo de una ineficiente castración (Eve, 2011 y Ruis, 2004).

2.6 EFECTO DE LA CASTRACIÓN EN LA PRODUCCION DE CERDOS

La castración consiste en extirpar los testículos para mantener la calidad de carne e impedir la reproducción no controlada (Pérez, 2009). Hasta hace relativamente poco tiempo este problema, en la mayoría de los países, se evitaba castrando quirúrgicamente los machos (Fonti y Gispert, 2011). Esto implica la sujeción e inmovilización del lechón, la incisión del escroto con un bisturí, la liberación del testículo y la disección del cordón espermático.

A pesar de que es un procedimiento rápido (menos de 30 segundos), induce en el lechón una serie de cambios fisiológicos y conductuales claramente indicativos de dolor (Fabrega *et al.*, 2011 y Prunier *et al.*, 2006). De ahí, las nuevas tendencias y reglamentaciones sobre el bienestar animal y dentro de este, la posible prohibición de la castración de los cerdos (Fonti y Gispert, 2011).

Actualmente, existen tres alternativas a la castración física sin anestesia en cerdos: la castración quirúrgica con anestesia; la producción de machos enteros (con sacrificio antes de la madurez sexual); y, la inmunización frente al factor liberador de gonadotropinas (GnRH), también conocida como inmunocastración (Higuera, 2012).

La cría de machos enteros, presenta desventaja respecto a la producción de machos castrados; tales como, el olor sexual, un comportamiento sexual más acentuado y mayor agresividad al iniciar la pubertad; aspectos que repercuten negativamente en el bienestar del grupo y en la calidad del producto final.

De hecho, el incremento de peleas y conductas sexuales durante las horas previas al sacrificio, causa heridas y contusiones en la canal, y aumenta la incidencia de carnes oscuras, firmes y secas (DFD, en ingles) (Fabrega *et al.*, 2011).

En la actualidad una de las alternativas que se investiga para reducir o evitar el olor a verraco (aprobada en Europa en mayo del 2009), es la inmunocastración (Fonti y Gispert, 2011).

La inmunocastración consiste en inyectar una forma modificada del GnRH conjugado a una proteína para inducir la formación de anticuerpos frente a dicho factor, que al unirse al GnRH endógeno, inhiben la secreción de LH y FSH. Este procedimiento se lleva a cabo normalmente con dos administraciones del producto durante el periodo de engorde, separadas por cuatro semanas (Fabrega *et al.*, 2011).

Los estudios relacionados con la inmunocastración establecen una reducción temporal de la actividad de los testículos. Durante ese tiempo, las concentraciones de escatol y androstenona se mantuvieron por debajo del umbral asociado al riesgo de olor a verraco. Los estudios demostraron que la primera inyección tiene un efecto

reducido, pero que la segunda inyección se sigue de la producción de anticuerpos frente a la GnRH. Las concentraciones de estos anticuerpos disminuyen con el tiempo, pero siguen siendo suficientes para conseguir una eficacia adecuada entre cuatro y seis semanas después de la segunda inyección (EPAR, 2010). Otros estudios demuestran que los cerdos inmunocastrados tienen un mejor comportamiento en la ganancia diaria de peso (921 g/día) y en la disminución del periodo de destete a mercado, ello en comparación con los cerdos castrados quirúrgicamente (806 g/día) (Fabrega *et al.*, 2011).

Otro producto utilizado en la castración de machos en otras especies domésticas, es el Gluconato de Zinc, producto químico neutralizado con arginina. Sin embargo, solo se tiene información de la aplicación de este producto en perros, donde se ha utilizado para evitar el procedimiento invasivo, doloroso, infeccioso y la prolongada recuperación de los animales

También se ha utilizado el Gluconato de Zinc para la esterilización de especies como: felinos, osos, lobos y caprinos. Sin embargo, las evidencias señalan que este producto no suprime por completo la conducta sexual, ya que después del tratamiento, continúa la síntesis y liberación de testosterona (ACC&D, 2010). Como se sabe, la testosterona es esencial en el crecimiento y desarrollo de los animales, por lo que la aplicación en cerdos podría ser una opción en sustitución de la castración quirúrgica.

Por otra parte, en los diversos sistemas de producción de cerdos del país, aún no es común observar la producción y sacrificio de machos enteros, debido principalmente a la preocupación de que presenten el denominado “olor sexual”, defecto desagradable que puede afectar el sabor y olor de la carne, lo que provoca el rechazo del consumidor.

En otros países como el Reino Unido, Irlanda, Portugal y España, la producción de machos enteros representan más de un 90% de los animales sacrificados, debido a ventajas, como son:

- a) Menores costos de producción, ya que este tipo de machos necesitan un menor aporte alimentario y crecen con mayor rapidez, como consecuencia de una mejor eficiencia en la retención de nitrógeno y mejor conversión de los alimentos.
- b) Las canales de cerdos enteros comparados con los castrados, presentan mayores rendimientos al despiece, pues producen carnes más magras. Estas características son de gran importancia económica para la industria porcina (Flores *et al.*, 2009).

Cuando se crían cerdos machos sin castrar quirúrgicamente, los costos de producción decrecen considerablemente por varias razones. Primero, los costos de mano de obra relacionados a la castración se suprimen; segundo, disminuyen las posibles pérdidas de animales a causa de estrés, sangrados, infecciones, entre otras causas más, relacionadas con la castración. Además, se evita el retardo en el crecimiento del lechón después de la castración.

Aunado a lo anterior, la conversión alimenticia en los cerdos enteros es mejor, ya que requieren menos alimento y tienen una mejor eficiencia para retener nitrógeno.

Sin embargo, la castración quirúrgica puede afectar ciertas cualidades de la carne tanto en forma fresca como cocinada, tales como la capacidad de retención de agua y color, pérdida de jugosidad, aroma, sabor y consistencia, debido a que estas características están ligadas a la cantidad de grasa intramuscular.

En cambio, en cerdos machos enteros se evitan pérdidas en la calidad de la carne ; además de disminuir, hasta cierto punto, la excreción de contaminantes a través de las heces (como el nitrógeno), favoreciendo las condiciones ambientales bajo el contexto del bienestar animal (Zamora, 2009).

El problema esencial en la actualidad es que el mercado de la carne de cerdo exige no solo las características que debe reunir una canal para ser considerada como de primera, sino también aspectos relacionados con el bienestar animal que incluyen evitar la castración quirúrgica y eliminar el estrés que durante y después de esta práctica ocurre, para así aumentar la calidad de la canal, por mayor velocidad de crecimiento, aumento en la conversión alimenticia, aumento en el rendimiento y magrez de la canal.

Sin embargo, en México se continúa realizando esta práctica debido a la preferencia del consumidor por carne de machos castrados o que no desprendan olor a verraco,

aunque ello implique perder, cualidades en la carne que se obtienen en machos enteros y no considerar el bienestar animal en la producción pecuaria. Ante este panorama, es relevante investigar alternativas que permitan conciliar las necesidades del productor, las demandas del consumidor y las exigencias de los grupos defensores de los derechos de animales adoptando estrategias necesarias para garantizar la aplicación de las normas oficiales de bienestar animal y acceder a los mercados internacionales.

La estrategia esencial es evitar la castración quirúrgica aplicando alternativas como la castración química e inmunológica, con la intención de aprovechar eficazmente el potencial natural de los cerdos, relacionado con indicadores productivos como: menor consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, y tiempo hasta el peso vivo de sacrificio, en relación a lo que se logra con las prácticas habituales de castración.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es evaluar la castración química e inmunológica como una alternativa de sustitución de la castración quirúrgica en cerdos, estableciendo las diferencias de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia entre cerdos castrados químicamente e inmunocastrados en diferentes etapas de crecimiento; realizar las curvas de predicción del mismo de acuerdo a los pesos vivos semanales registrados; medir la presencia o ausencia de conducta sexual (libido) y establecer los costos por cada uno de los métodos de castración utilizados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el Sector Porcícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UMSNH, ubicada en el municipio de Tarímbaro Michoacán a 9.5Km de la carretera Morelia Zinapécuaro, localizada al norte del estado en las coordenadas 19°48' de latitud norte y 101°10' de longitud oeste, a una altura de 1,960 msnm. Limita al norte con Copándaro y Cuitzeo, al este con Álvaro Obregón, al sur con Morelia y Charo, y al oeste con Chucándiro. Su distancia de la capital del Estado es de 12 km. Su superficie es de 258.57Km² (INEGI, 2012).

Metodología

Primera etapa. Para determinar el tamaño del testículo de los lechones y poder establecer la dosis de Gluconato de Zinc de acuerdo al tamaño testicular, se realizó la castración quirúrgica en 40 lechones (Pietrain x Duroc x Landrace), de diferentes edades (del nacimiento hasta el destete) para obtener el diámetro testicular. Antes del procedimiento se identificó y pesó cada lechón. Una vez extirpados los testículos, fueron medidos con un vernier. Con esta información se elaboró un análisis estadístico mediante la correlación de Pearson y regresión lineal; dicho análisis tiene la base de los resultados reportados por Fuentes *et al.*, (1995), ellos señalan que el diámetro testicular y el peso vivo del lechón tienen una correlación significativa, de aquí la justificación de esta primera etapa; para lo cual se utilizó el siguiente modelo:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1(X)$$

Donde:

\hat{y} = Tamaño testicular

β_0 = Intercepto

β_1 = Constante de cambio

X = Peso o edad del lechón (días)

Se encontró una correlación alta y positiva entre el peso del lechón y el diámetro del testículo ($r=0.73$; $P < 0.001$), estimando que por cada kg de peso vivo del lechón (PV), aumenta en 0.85 mm el diámetro testicular. Con este resultado se tomó la decisión de aplicar la dosis de Gluconato de Zinc de acuerdo a estos resultados:

0.2 ml a lechones con PV de 5 a 7 kg (diámetro testicular; 10.0 a 11.7 mm)

0.3 ml a lechones con PV de 9 a 11 kg (diámetro testicular; 13.4 a 15.1 mm)

Las dosis fueron aplicadas de acuerdo al protocolo del producto: diámetro testicular; 10 a 12 mm y 13 a 15 mm, dosis por testículo (ml); 0.2 ml y 0.3 ml respectivamente (ACC&D, 2010).

Tabla N° 3. Dosis Gluconato de Zinc de acuerdo a diámetro testicular.

| Peso vivo (kg) | Diámetro testicular (mm) | Dosis (ml) |
|----------------|--------------------------|------------|
| 5 | 10.0 | 0.2 |
| 6 | 10.8 | 0.2 |
| 7 | 11.7 | 0.2 |
| 9 | 13.4 | 0.3 |
| 10 | 14.2 | 0.3 |
| 11 | 15.1 | 0.3 |

Segunda etapa. Se seleccionaron 50 lechones (Pietrain x Duroc x Landrace), de dos semanas edad o peso de 2 kg. Fueron identificados individualmente mediante el método de muesqueo, utilizado en el sector. Se formaron 5 grupos al azar de 10 lechones:

| Grupo | Procedimiento | Producto utilizado | Dosis |
|-------|----------------------|--|--------|
| 1 | C. Quirúrgica (CQ) | Realizado de acuerdo al protocolo del Sector (12 kg) | |
| 2 | C. Inmunológica (CI) | GnRH sintético unido a una proteína (Improvac®) | 2.0 ml |
| 3 | C. Química (CG0.2) | Esterilsol | 0.2 ml |
| 4 | C. Química (CG0.3) | Esterilsol | 0.3 ml |
| 5 | Testigo (CE) | Ninguno | |

En el Grupo 2 (CI) se realizó la primera aplicación a las 14 semanas (98 días) y la segunda a las 18 semanas (126 días), dejando después de la última aplicación un periodo de 4 a 6 semanas para el sacrificio o entre la semana 24-25.

En los grupos 3 y 4 el Gluconato de Zinc se aplicó a partir de los 5 y 9 kg respectivamente.

El peso fue registrado cada 7 días a partir del nacimiento hasta el día en que se realizó la prueba de conducta sexual, utilizando una báscula electrónica para lechones de 2 a 20 kg y una báscula fija para cerdos de 25 a 80 kg o más. El consumo de alimento se midió diario, pesando el alimento ofrecido y el rechazado de cada grupo.

Las variables medidas fueron: peso vivo (PV), consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA).

Con la información obtenida durante el experimento, se realizó un análisis estadístico. Para GDP el análisis estadístico fue mediante la metodología de los modelos lineales generalizados (GLM, siglas en inglés; Herrera *et al.*, 2003) y bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = ganancia diaria de peso

μ = Media general

G_i = Efecto fijo del i ésimo grupo con $i = 1, 2, 3, 4, 5$,

ε_{ij} = Error (NID $- 0, \delta^2$)

La diferencia de promedios entre grupos se realizó mediante la metodología de medias de mínimos cuadrados (LsMeans) (SAS, 2000).

Tercera etapa: Antes del sacrificio a los cerdos castrados químicamente e inmunológicamente, se les aplicó una prueba para determinar la presencia o ausencia de libido, considerando: presencia de salivación espumosa, búsqueda de hembras en estro y monta.

La sola presencia de salivación espumosa, se tomó como factor suficiente para considerar funcionales los testículos en CI, CG0.2 y CG0.3, el formato utilizado fue el siguiente.

Tabla N°4. Prueba de comportamiento sexual en machos castrados química e inmunológicamente.

N° de macho: _____ Grupo: _____

| CONDUCTA | RESPUESTA | |
|------------------------------|-----------|----|
| | SI | NO |
| Espuma* | | |
| Búsqueda de hembras en estro | | |
| Monta | | |

* = Principal comportamiento a considerar.

Los resultados de esta información se analizaron por modelos categóricos, pues las variables a medir son del tipo binomial: donde Si = 1 y No = 0. Para determinar las diferencias entre los promedios por grupo se aplicó la prueba de X^2 (Snedecor y Cochran, 1980).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto del tipo de castración sobre ganancia diaria de peso (GDP)

De acuerdo con los resultados se encontró que, la ganancia diaria de peso (GDP) por etapa (iniciación, desarrollo y finalización) así como la GDP global (21 a 154 días), fue afectada por el tipo de castración (TC) ($P < 0.001$).

La mayor GDP fue obtenida por los tratamientos CQ, CG0.2 y CE (0.595, 0.505 y 0.516 kg respectivamente), mismos que fueron iguales entre ellos y diferentes a CI y CG0.3 ($P < 0.02$). Sin embargo, Cammbell y King (1982), Krick *et al.*, (1992), Sri *et al.*, (2006), Wodd y Enser (1982: citados por Albetis, 2009), y Skrlep *et al.*, (2010) encontraron que los CE presentan una GDP mayor en comparación a los cerdos CQ. Krick *et al.*, (1992) encontraron que los CE ganan 1.040 kg en la etapa de finalización, en comparación con los cerdos CQ, los cuales ganaron, en la misma etapa, 0.920 kg en promedio. Este hecho no se presentó en la presente investigación, ya que ambos tratamientos son iguales ($P > 0.05$) junto con el tratamiento CG0.2 en las etapas de iniciación y finalización, mientras que la GDP de los CE en la etapa de desarrollo fue diferente ($P < 0.001$) y menor al tratamiento CQ.

Tabla N° 5. Resultados Generales de Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia.

| | TIPOS DE CASTRACION | | | | |
|----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Quirúrgico | Inmunológico | Químico 0.2 | Químico 0.3 | Entero |
| CDA (Kg) | 1.495 | 1.233 | 1.082 | 1.194 | 1.301 |
| GDP (Kg) | 0.595±0.088 ^a | 0.478±0.084 ^b | 0.505±0.072 ^{ab} | 0.473±0.035 ^b | 0.516±0.065 ^{ab} |
| CA (Kg) | 2.512 | 2.579 | 2.142 | 2.525 | 2.521 |

^{a, b} = Diferencias estadísticas (P<0.02) dentro de fila.

Tabla N° 6. Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia en Iniciación.

| | TIPOS DE CASTRACION | | | | |
|----------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Quirúrgico | Inmunológico | Químico 0.2 | Químico 0.3 | Entero |
| CDA (Kg) | 0.630 | 0.586 | 0.526 | 0.585 | 0.632 |
| GDP (Kg) | 0.387±0.038 ^{ab} | 0.339±0.069 ^b | 0.420±0.055 ^a | 0.350±0.037 ^{bc} | 0.411±0.046 ^{ac} |
| CA (Kg) | 1.627 | 1.728 | 1.253 | 1.671 | 1.536 |

^{a, b, c} = Diferencias estadísticas (P<0.003) dentro de fila.

Tabla N° 7. Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia en Desarrollo.

| | TIPOS DE CASTRACION | | | | |
|----------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Quirúrgico | Inmunológico | Químico 0.2 | Químico 0.3 | Entero |
| CDA (Kg) | 1.420 | 1.255 | 1.067 | 1.277 | 1.289 |
| GDP (Kg) | 0.551±0.144 ^a | 0.521±0.079 ^{ac} | 0.392±0.102 ^b | 0.428±0.089 ^{ab} | 0.412±0.057 ^{bc} |
| CA (Kg) | 2.577 | 2.409 | 2.722 | 2.983 | 3.128 |

^{a, b, c} = Diferencias estadísticas (P<0.005) dentro de fila.

Tabla N° 8. Consumo Diario de Alimento, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia en Finalización.

| | TIPOS DE CASTRACION | | | | |
|----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Quirúrgico | Inmunológico | Químico 0.2 | Químico 0.3 | Entero |
| CDA (Kg) | 2.558 | 1.951 | 1.732 | 1.809 | 2.078 |
| GDP (Kg) | 0.806±0.251 ^a | 0.444±0.202 ^b | 0.543±0.174 ^{ab} | 0.541±0.091 ^b | 0.631±0.179 ^{ab} |
| CA (Kg) | 3.173 | 4.393 | 3.190 | 3.344 | 3.294 |

^{a, b} = Diferencias estadísticas (P<0.007) dentro de fila.

Tabla N° 9. Peso Vivo Promedio de Acuerdo al Tipo de Castración* etapa: Inicio-Final.

| | TIPOS DE CASTRACION | | | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | QUIRURGICO | INMUNOLOGICO | QUIMICO 0.2 | QUIMICO 0.3 | ENTERO |
| Peso Inicial (kg) | 6.666±1.510 ^a | 5.622±1.237 ^a | 5.811±1.096 ^a | 5.980±0.940 ^a | 6.760±0.826 ^a |
| Iniciación | 28.333±3.266 | 24.600±4.073 | 29.330±3.605 | 25.600±2.675 | 29.800±3.011 |
| Desarrollo | 55.833±5.879 | 54.556±6.912 | 53.444±5.725 | 50.100±5.742 | 50.200±4.263 |
| Finalización | 98.333±13.371 | 79.200±13.682 | 83.611±11.163 | 78.900±5.724 | 86.300±9.832 |

^{a, b} = Diferencias estadísticas (P<0.05) dentro de fila de acuerdo a la semana de inicio de la etapa.

Tabla N° 10. Prueba de Comportamiento Sexual de cerdos por tipo de castración.

| | TIPOS DE CASTRACION | | | | | | | |
|--|---------------------|------|-------------------|------|-----------------|------|-------------------|------|
| | INMUNOLOGICO | | QUIMICO 0.2 | | QUIMICO 0.3 | | ENTERO | |
| | %CS | E.E | %CS | E.E | %CS | E.E | %CS | E.E |
| | 28.5 ^a | 0.19 | 57.1 ^a | 0.20 | 40 ^a | 0.19 | 57.1 ^a | 0.20 |

^{a, b} = diferencias estadísticas (P>0.05)

Velarde *et al.*, (2011), encontraron que los CQ tiene mayor GDP, en comparación a los CE y CI (antes de la 2° dosis de inmunocastración), después de la 2° dosis la GDP fue mayor en CI y diferente a CQ y CE, (1160, 844.0 y 825.0 kg respectivamente). En los resultados globales de GDP que encontró Velarde *et al.*, (2011), los CQ y CI tuvieron mayor e igual GDP, respecto a los CE (898.0, 936.0 y 835.0 kg respectivamente). Diaz *et al.*, (1990; citado por Albetis, 2009) no encontró diferencias entre CQ y CE.

En relación al resultado de CG0.2, se tiene evidencia de que este tipo de tratamiento (castración química a base de Gluconato de Zinc) no suprime por completo la producción de testosterona (ACC&D, 2010), la cual está presente en CE, actuando como anabolizante e influyendo en el metabolismo de los aminoácidos al incrementar la síntesis y depósito de proteínas, cuyo resultado es un aumento muscular (Guyton y Hall, 2011) e incremento de GDP.

4.2 Consumo diario de alimento (CDA)

Respecto a los resultados globales y por etapa de CDA, los cerdos CQ y CE presentaron el mayor CDA. Sin embargo, el CDA de los cerdos CE en las mismas etapas, fue menor al de los CQ (Tabla N° 5).

Respecto a estos resultados, Dunshea *et al.*, (2001) y Hennessy *et al.*, (2009), determinaron que los cerdos CQ tienen mayor consumo de alimento en comparación con CE. Hennessy *et al.*, (2009) señalan que los CQ consumen un 12% más de alimento que los CE a partir de los 20 kg. Collell (2010), encontró que los CE

muestran 11% menos de consumo de alimento diario que los CQ. Aspecto que concuerda con los resultados encontrados en esta investigación.

El bajo CDA presentado en el grupo CI, el cual puede ser comparable al presentado por los CE, ya que solo difiere en 0.068 kg en los resultados globales (1.233 y 1.301 kg respectivamente), puede demostrar que estos cerdos se comportan como CE hasta antes de la segunda dosis del tratamiento (Cronin *et al.*, 2003), periodo en el cual el CDA fue superior en los cerdos CQ.

Dunshea *et al.*, (2001) y Cronin *et al.*, (2003) atribuyen el bajo CDA, presentado por CE, a que estos tienen un comportamiento social el cual los hace pasar menos tiempo alimentándose en comparación a CQ. Este comportamiento puede deberse a lo dicho por Campbell y Taverner (1985) y Weiler *et al.*, (1996) quienes encontraron una correlación negativa entre la concentración de testosterona en sangre y consumo voluntario de alimento en cerdos.

4.3 Conversión alimenticia (CA)

En lo referente a la CA global, el tratamiento CG0.2 fue el más eficiente, presentó una CA de 2.142 kg. Al contrario de este, el CI tuvo la CA global más deficiente (2.579 kg). No obstante, la CA global de los tratamientos CQ, CG0.3 y CE se considera adecuada (2.512, 2.525 y 2.521 kg respectivamente). Resultados que no concuerdan con Collell (2010) y Fábrega *et al.*, (2011) quienes determinaron que los cerdos inmunocastrados y enteros tienen una conversión alimenticia más eficiente que los cerdos castrados.

De igual manera, Velarde *et al.*, (2011) encontraron resultados similares: los cerdos castrados quirúrgicamente presentaron una conversión alimenticia inferior durante las etapas de desarrollo y finalización (2.3:1 y 3.4:1, respectivamente), en comparación a cerdos inmunocastrados (2.1:1 y 2.9:1) y enteros (2.1:1 y 3.2:1) en las mismas etapas.

Sin embargo, en el presente trabajo, este hecho solo se presentó en la etapa de desarrollo, en la cual los cerdos CI, presentaron una CA más eficiente en comparación a los CQ (2.409:1 y 2.577:1 kg respectivamente). Este resultado durante la etapa de desarrollo, podrían deberse a que los cerdos CI aun se comportaban como CE (Cronin *et al.*, 2003), periodo dentro del cual el CDA fue superior en los cerdos CQ, y a pesar de su menor CDA, los CE presentan una CA más eficiente.

El tratamiento CG0.2 presentó la mejor CA global (2.142:1 kg), mientras que CG0.3, presentó una CA de 2.525 kg, muy similar a CE (2.521 kg). Se ha documentado que el tratamiento castración química a base de Gluconato de Zinc, no suprime por completo la producción de testosterona (ACC&D, 2010), la cual pudo influir en la conversión alimenticia al tener una mayor tasa de crecimiento, tal como sucede en los CE (Zamaratskaia, 2008; citado por Zamora, 2009).

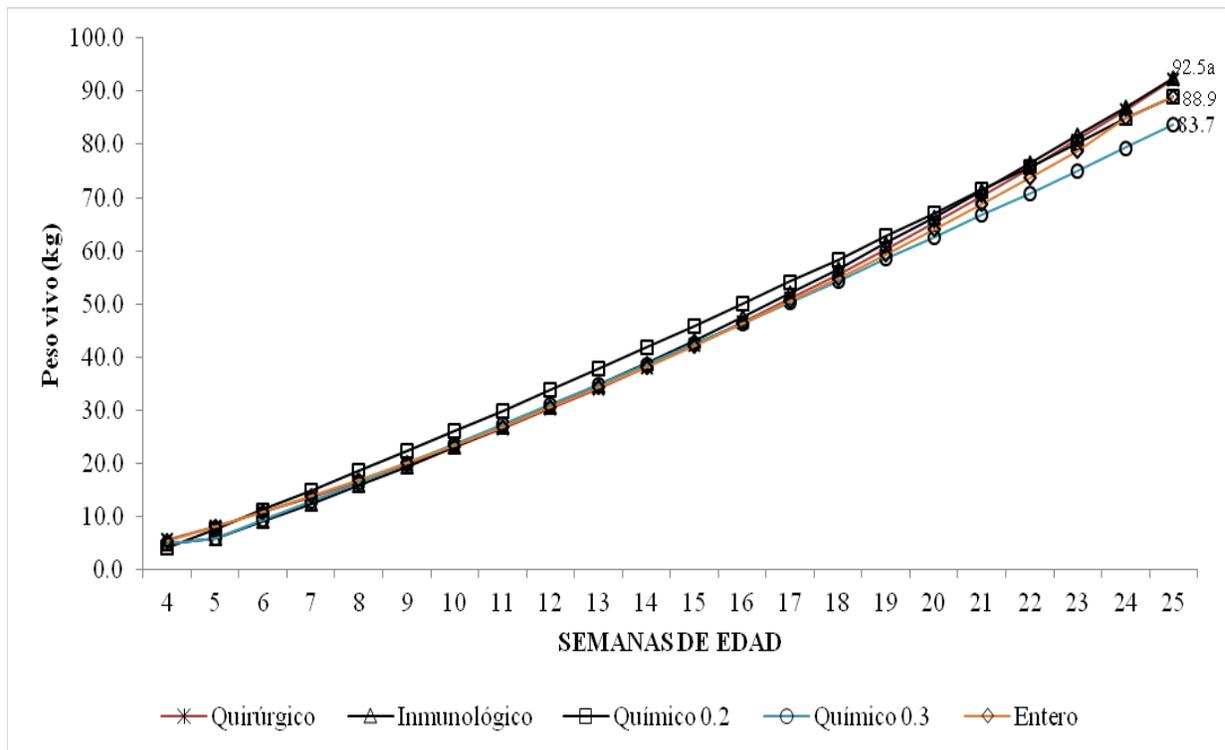
Sin embargo, los resultados no concuerdan con lo anterior, debido a que la CA en las etapas de desarrollo, finalización y en los resultados globales que presentaron los CE, fue menos eficiente a la presentada por los CQ (3.128:1, 3.294:1, 2.521:1 y 2.577:1, 3.173:1, 2.512:1 kg respectivamente). Siendo CE más eficiente respecto a

CI únicamente en la etapa de finalización y resultado global (3.294:1, 2.521:1 y 4.393:1, 2.579:1 kg respectivamente).

4.4 Curva de crecimiento ajustada

Los resultados de la curva de crecimiento ajustada (Figura N° 4) muestran a los cerdos CQ y CI obteniendo mayor PV más rápido (92.5 kg), seguidos de los CG0.2 y CE (88.9 kg). Aunque CI presentó en promedio 79.200 kg de PV, siendo el más bajo (Tabla N° 9). El grupo CG0.2 mantuvo un PV mayor al resto de TC, durante la mayoría de semanas (semana 7 a 19).

Figura N° 4. Curvas de crecimiento ajustadas ($\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 * S + \beta_2 * S^2$) de acuerdo al tipo de castración.



4.5 Resultados de la prueba de comportamiento sexual

Los resultados obtenidos en la prueba de comportamiento sexual (CS) no mostraron diferencias ($P > 0.05$) estadísticas entre TC. Sin embargo, el porcentaje de CS fue mayor en CE y CG0.2 (57.1%); resultado que pudo afectar al promedio obtenido en CDA y CA globales (1.301, 2.521 y 1.082, 2.142 kg respectivamente), para que estos tratamientos presentaran más del 50% de CS es indicativo de que existen niveles adecuados de testosterona en estos tratamientos (Ruis, 2004 y Eve, 2011), en comparación al resto.

El tratamiento a base de Gluconato de Zinc permite mantener niveles de testosterona (ACC&D, 2010) suficientes como para que el grupo CG0.2 mantuviera cualidades similares a CE y se reflejará en CS, CDA y CA. Ello en comparación con CG0.3, grupo en el cual se encontró un porcentaje de CS bajo (40%), resultado que podría indicar que esta mayor dosis (0.3 ml de Gluconato de Zinc) causó un mayor efecto en el tejido testicular.

Respecto al porcentaje de CS en CI, este fue de 28.5%, y la presencia de CS en este grupo pudo deberse a que el efecto inmunitario contra la hormona GnRH, que provoca este tratamiento, es progresivo y alcanza su efectividad aproximadamente 30 días después de la segunda aplicación (Zamaratskaia *et al.*, 2008), pero en el presente trabajo la prueba de CS se realizó a no más de 21 días de haberse suministrado la segunda dosis o un peso promedio de 80 kg. Además, la respuesta depende de la condición inmunológica individual presente al momento del tratamiento.

Tabla N° 11. Costo de tratamiento por cerdo.

| | MÉTODOS | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| | Inmunológico (Improvac®) | Químico (dosis 0.2 ml) | Químico (dosis 0.3 ml) | Quirúrgico |
| Costo del producto (\$) | 1500 (50 dosis) | 550 (50 dosis) | 550 (32 dosis) | ----- |
| Costo/dosis (\$) | 30 | 11 | 17.1 | ----- |
| Mano de obra/cerdo (\$) | 2 | 5 | 5 | 15 |
| Desinfectante/cerdo (\$) | ----- | 2 | 2 | 3 |
| Navaja de Bisturí (\$) | ----- | ----- | ----- | 5 |
| Costo total/animal (\$) | 62 | 29 | 41.2 | 23 |

5. CONCLUSIONES

- En relación al método de castración química con Guconato de Zinc en dosis de 0.2 ml, provoca en los cerdos una mejora en las variables productivas (CA, GDP y CDA) de los cerdos. Sin embargo, se detecta un porcentaje considerable (57.1%) de cerdos con presentación de libido a 80 o más kilogramos.
- El método de inmunocastración no presentó eficiencia en el comportamiento productivo de los cerdos.
- Los cerdos castrados quirúrgicamente, presentaron los mejores resultados en ganancia diaria de peso, peso vivo y eficiencia alimenticia.
- La curva de crecimiento ajustada muestra que, a pesar de los resultados generales obtenidos en las variables productivas, los cerdos inmunocastrados alcanzaron el peso de sacrificio más rápido, junto con los cerdos castrados quirúrgicamente.
- Los tratamientos inmunológico y químico son la mejor opción para evitar sufrimiento innecesario. El dolor que existe se considera como mínimo ya que es exclusivamente por la aplicación del químico.

- Las condiciones bajo las cuales se realizó esta investigación (genética inespecífica, alimentación, instalaciones y bioseguridad) son particulares del sector porcino de la FMVZ-UMSNH. Los resultados obtenidos no se pueden tomar para una aplicación comercial.
- Como sugerencia es necesario realizar un estudio más detallado sobre la presencia o ausencia de conducta sexual en individuos inmunocastrados o castrados químicamente. En base a más pruebas, como medición de niveles hormonales (testosterona), examen histológico del tejido testicular y evaluación de semen.
- Es determinante, analizar los costos por tratamiento con respecto al comportamiento productivo (CDA, GDP y CA) y resultados en las variables relativas a la canal del cerdo para tomar una decisión, usando mayor número de animales que los utilizados en esta investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACC&D (Alliance for Contraception in Cats and Dogs). 2010.** EsterilSol and Neutersol. [En línea]. <http://www.animalsheltering.org/training-events/expo/expo-2012-speaker-portal/form-uploads/PPPP-ZeuterinEsterilSol.pdf> [Consulta: 17 de julio del 2012].
- Albetis, M. A. 2009.** Inmunocastración. [En línea]. <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/sanidad/articulos/inmunocastracion-cerdos-t2738/165-p0.htm> [Consulta: 11 de julio del 2012].
- Alonso, R; Cama, M. y Rodríguez, J. 2004.** El Cerdo. La Habana. Ed. Félix Valera. pp.125.
- Collell, M. 2010.** Efectos de la dieta en los tres sexos (castrados, enteros hembras). [En línea]. http://www.3tres3.com/manejo_en_cebo/efectos-de-la-dieta-en-los-tres-sexos-castrados-enteros-hembras_4396/ [Consulta: 02 de abril del 2013].
- Cammbell, R. y King, H. 1982.** The influence of dietary protein and level of feeding on the growth performance and carcass characteristics of entire and castrated mole pigs animal production.35:177-184.
- Campbell, R. G., Taverner, M.R., 1985.** Effects of Sex and Energy-Intake between 48-Kg and 90-Kg Live Weight on Protein Deposition in Growing-Pigs. Animal Production 40(Jun), 497-503.
- Cronin, G.M., Dunshea, F.R., Butler, K.L., McCauley, I., Barnett, J.L., Hemsworth, P.H. 2003.** The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. Applied Animal Behaviour, Science, 81: 111-126.
- Cunningham, J. G. y Klein, B. G. 2009.** Fisiología veterinaria. (4ª ed). Ed. ELSEVIER. España. pp. 517-524.
- Díaz, I., Vilas, J., Skoknic, A. y Luengo, J. 1990.** Efecto del sexo sobre le respuesta productiva y características de la canal de cerdos en crecimiento y engorda. Agricultura Técnica. 50 (2): 113-119.
- Dunshea, F. R., Colantoni C., Howard K., McCauley I., Jackson P., Long K. A., Lopaticki S., Nugent E. A., Simons J. A., Walker J. & Hennessy D. P. 2001.** Immunization of pigs against gonadotrophin releasing factor (GnRF) prevents boar taint and affects boar growth and behavior. J. Anim. Sci. 79: 2524-2535.
- EFSA Journal. 2004.** Welfare aspects of the castration of piglets. [En línea]. http://www.efsa.europa.eu/fr/scdocs/doc/report_ahaw03_ej91_pigcast_v2_en1.0.pdf [Consulta: 15 de febrero del 2013].
- English, P. R., Baxter, S., Fowler, V. R., Smith, W. J. 1992.** Crecimiento y finalización del cerdo. Ed. Manual Moderno. México D.F. pp. 25- 35.
- EPAR: Informe Público Europeo de Evaluación 2010.** Improvac [En línea]. http://www.ema.europa.eu/docs/es_ES/document_library/EPAR_-_Summary_for_the_public/veterinary/000136/WC500064055.pdf [Consulta: 04 de marzo del 2013].

- Eusse, G. J. S. 2009.** Calidad de la carne de cerdo. [En línea].
http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=58&cve_empresa=69
[Consulta: 15 de julio del 2012].
- Eve, D. J., 2011.** The formation of androstenone conjugates in testis tissue of the mature boar. University of Guelph. Canadá.
- Fabrega, E. R., Soler J. S., Cros, J., Tibau J. F., Gispert, M. M. y Velarde, A. C. 2011.** Resultados de diversas alternativas a la castración quirúrgica de cerdos. [En línea].
<http://www.engormix.com/MA-porcicultura/sanidad/articulos/resultados-diversas-alternativas-castracion-t3923/165-p0.htm> [Consulta: 11 de julio del 2012].
- Feld, A., Hernández G.I., Racciatti, D.S., González, P.M., Magallanes, S. y Ferrari, H.R. 2010.** Metodología en el estudio de comportamiento para mejores condiciones de bienestar de animales en cautiverio. Taller Nacional de Bienestar Animal, Temaikén. [En línea].
<http://sites.google.com/site/bienestaranimaluba/publicaciones/publicaciones-en-congresos-talleres-etc> [Consulta: 01 de febrero del 2013].
- Flores, J.A. 1978.** Peso vivo y Rendimiento de la canal. En: Ganado porcino 2, (4ª ed.) Ed. Limusa. México D.F. pp. 846-848.
- Flores, R. C.; Leal, R. M.; Rodas, G. A.; Aranguren. M. J.; Román. B. R. y Ruiz. R. J. 2009.** Efecto de la condición sexual y pesos al sacrificio sobre las características de la canal y la calidad de la carne de cerdo. Revista Científica, FCV-LUZ.19:(2), pp. 165–172.
- Fonti, F. M., Gispert, M. 2011.** Efecto de la inmunocastración en la calidad de la canal y de la carne. [En línea]. http://www.3tres3.com/los-expertos-opinan/efecto-de-la-inmunocastracion-en-la-calidad-de-la-canal-y-de-la-carne_3241/ [Consulta: 19 de octubre del 2012].
- Forcada, F. Alojamientos para ganado porcino. 2006.** [En línea].
<http://www.uco.es/organiza/departamentos/prodanimal/economia/dehesa/alimenta.htm>
[Consulta: 02 de febrero del 2013].
- Fraser, F. A. 1980.** Comportamiento de los animales domésticos. Comportamiento reproductivo. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España.
- Fuentes, A., G. Lago de S., A. Chang, G. Semidey de S., C. Regueiro y L. Soler. 1995.** Pubertad en machos porcinos. Biometría testicular. Zootecnia Trop. Vol. 13:(2):151-162.
- Gómez, T. G., Rebollar, R. S., Hernández, M. J. y Guzmán, S. E. 2011.** Efecto de los aranceles en la competitividad de la porcicultura. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14:(2), pp. 537-542.
- Guyton, A. C. y Hall, J. E. 2011.** Tratado de fisiología médica. (12ª ed.) Ed. ELSEVIER. España. pp. 830-836.
- Herrera, J. G., Lemus, C. F., Barreras, A. S. 2003.** “Mejoramiento genético animal un enfoque aplicado”. Colegio de Posgrados. Programa en ganadería IREGEP. México.
- Hennessy, D., Ma, C., Liu, Z., Wu, Q., Yang, H. 2009.** The growth performance of male pigs vaccinated with the boar taint vaccine, Improvac and the effects on boar taint assessment. Proceedings of the 49th International Congress of Meat Science and Technology PE 1.26.
- Higuera, M. A. 2012.** Alternativas a la castración de lechones [En línea]
<http://www.institutoleblu.com/pdf/ANAPORC%2094%20%20Castracion%20M.A.%20Higuera.pdf> [Consulta: 13 de febrero de 2013].

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geográfica). 2012.** Información nacional, por entidad federativa y municipios. Tarímbaro, Michoacán de Ocampo. [En línea]. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> [Consulta: 12 de julio del 2012].
- Kanis, E., Van den Belt, H., Groen, A. F., Schakel, J., Greef K. H. 2004.** Breeding for improved welfare in pigs: a conceptual framework and its use in practice. *Journal Animal Science*. Vol. 78. N°10: 315-329.
- Krick, B. J., K. R. Ronecker, R. D., Boyd, D. H. Beermann, P. J. David, and D. J. Meisinger. 1992.** Influence of genotype and sex on the response of growing pigs to recombinant porcine somatotropin. *J. Anim. Sci.* 70:3024.
- Muñoz, L. A. 2002.** Consideraciones Sobre el Bienestar en la Especie Porcina. *Acontecer Porcino*. Año.2: 90-104.
- Pérez, F. A. 2009.** Prácticas de manejo del lechón en maternidad: estrategias para mejorar su sobrevivencia y aumentar la productividad. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*. 11:(1), pp. 1-21.
- Prunier, A., Bonneau, M., von Borrell, E.H., cinotti, S., Gunn, M., Fredriksen, B., giersing, M., Morton, D.B., Tuyttens, F.A.M., Velarde, A. 2006.** A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Animal Welfare*, 15(3): 277-289.
- Rosas, V. J. C. 2010.** Análisis del rendimiento y magrez de la canal de cerdo en una institución educativa (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.
- Ruis, S. A. 2004.** Estudio de otros compuestos relacionados con la presencia de olor sexual no atribuible al escatol y la 5 α -androst-16-en-3-ona en grasa dorsal de cerdo. (Tesis de doctorado). Universidad de Girona. España. pp. 17-54.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012 b.** [siap.gob.mx/Ganaderia/produccion_mensual/avance de la producción pecuaria por producto](http://siap.gob.mx/Ganaderia/produccion_mensual/avance_de_la_produccion_pecuaria_por_producto). [En línea]. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=465 [Consulta: 09 de julio del 2012].
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012 a.** siap.gob.mx/Ganaderia/poblacion_ganadera. [En línea]. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=330 [Consulta: 09 de julio del 2012].
- SAS, 2000.** Statistical Analysis System. Institute Inc. North Caroline. USA.
- Škrlep, M., Šegula, B., Zajec, M., Kastelic, M., Košorok, S., Fazarinc, G., Čandek – P. M. 2010.** Effect of immunocastration (improvac®) in fattening pigs I: growth performance, reproductive organs and malodorous compounds. *Slov Vet Res*. 47(2): 57-64.
- Sri, B. N., Sivaraman, T., Sivakumar, T., Ramesh, V. 2006.** Influence of castration on growth rate and body measurements in large white yorkshire pigs. *Indian J. Anim. Res.*, 40 (2): 123 – 126.
- Snedecor, W. G. y Cochran, G. W. 1980.** Métodos estadísticos. (7ª ed.) Ed. Continental. México. pp. 251-275.

- Velarde, A. Fàbrega, R. E. Soler S. J. 2011.** Productive results of pigs vaccinated against boar taint. [En línea]. <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/sanidad/articulos/resultados-diversas-alternativas-castracion-t3923/165-p0.htm> [Consulta: 04 de mayo del 2013].
- Weiler, U., Claus, R., Dehnhard, M., Hofacker. S., 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. *Canadian Journal of Animal Science* 76, 531-539.
- Wellock, I. J., Emmans, G. C., Kyriazakis, I. 2004.** Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. *Journal Animal Science*. Vol. 82, N°15: 2442-2450.
- Wodd, J. y Enser, J. 1982.** Comparison of boars and castrates for bacon production. 2. Composition of muscle and subcutaneous fat, and changes in side weight during curing. *Animal Production*. 35: 65-74.
- Xue, J. L., Dial, G. D. y Morrison, R. B. 1996.** Comparison of the accuracies of chemical and sensory tests for detecting taint in pork. *Livest. Prod. Sci.*, 46:203.
- Zamaratskaia, G., Andersson, H.K., Chen, G., Andersson, K., Madej, A., Lundström, K. 2008.** *Reproduction in Domestic Animals*. Vol. 43, Issue 3: 351–359.
- Zamora, M. E. 2009.** ¿Qué razones tenemos para criar machos enteros? [En línea]. http://www.porcicultura.com/porcicultura/home/articulos_int.asp?cve_art=4&cve_empresa=11 [Consulta: 02 de agosto del 2012].
- Zapata, S. B. 2002.** Bienestar y producción animal: la experiencia europea y la situación chilena. [En línea]. http://www.produccionanimal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/02-produccion.pdf [Consulta: 18 de enero del 2011].