

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CARNE Y LA CANAL DEL GANADO  
HOLSTEIN CASTRADO QUIRURGICAMENTE E INMUNOCASTRADO**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA:

**ANGELINA LEÓN VILLANUEVA**

DIRECTOR DE TESIS:

Ph.D. FERNANDO FIGUEROA SAAVEDRA

CO-DIRECTOR:

Ph.D. CRISTINA PÉREZ LINARES

MEXICALI BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

SEPTIEMBRE 2019

**Evaluación de la calidad de la carne y la canal del ganado Holstein castrado quirúrgicamente e inmunocastrados. Tesis presentada por Angelina León Villanueva como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobado por el comité particular indicado:**

---

**Ph.D. Fernando Figueroa Saavedra**  
**Director de Tesis**

---

**Ph.D. Cristina Pérez Linares**  
**Secretario**

---

**Dr. en C. Alberto Barreras Serrano**  
**Sinodal**

---

**Dr. en C. Eduardo Sánchez López**  
**Sinodal**

## **AGRADECIMIENTOS**

A MI DIOS todo poderoso, por mi fe y esperanza por este largo periodo de pruebas que han hecho una mejor persona en el ámbito personal y profesional, que sin su presencia en mi vida y no hubiese llegado a culminar con este proyecto.

Al Ph.D. Fernando Figueroa Saavedra y Ph.D. Cristina Pérez Linares, por confiar en mí y aceptarme como estudiante de maestría, así como el trasmitirme sus conocimientos en el ámbito académico y su valioso apoyo durante este periodo.

Al Med. Carlos Navarro por apoyarme durante estos años de aprendizaje y confiar en mis locas ideas.

A la coordinadora de Maestría en Ciencias Veterinarias, Dra. Maritza Manríquez Núñez, por ayudarme a ingresar a IICV y su ayuda en los trámites de CONACYT.

Al CONACYT, por su apoyo económico, que sin él hubiese sido imposible que realizara esta meta tan importante.

## DEDICATORIA

A mis padres Angelina Villanueva y Rodolfo León, que a pesar de la distancia he sentido siempre su apoyo durante este periodo.

A mi familia Villanueva. Gracias en verdad por su comprensión en mis momentos difíciles y por sus más sinceros consejos.

A mis compañeras y amigas de este viaje Elsa Hernández y Ana Laura Gonzales, gracias por explicarme en todo lo que no entendía y el apoyo motivacional que recibía de cada una de ustedes.

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	i
<b>RESUMEN</b> .....	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	2
Castración .....	2
Inmunocastración .....	6
Efecto de la castración sobre las características de la canal y la carne .....	11
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
Localización del área de estudio .....	15
Metodología .....	15
Tratamiento 1 .....	15
Tratamiento 2 .....	16
Análisis estadístico .....	18
<b>RESULTADO Y DISCUSION</b> .....	19
<b>CONCLUSIONES</b> .....	26
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	27

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los productores de ganado bovino de carne han tomado como consideración importante la opción de engorde de terneros holandeses (raza Holstein), ya que esta raza representa ciertas ventajas como es el hecho de la producción de canales y carne de alta calidad así como su adaptabilidad al medio ambiente (Zuñiga 2017).

Bajo los nuevos retos que presenta la alta producción de carne, los productores de ganado bovino del Estado de Baja California, ha iniciado con el desarrollo de implementación de procesos de engorda de bovinos machos de raza Holstein, observándose que este tipo de animales brindan ciertas cualidades al ganadero como el hecho de producir canales y carne de mejor calidad.

El ganado macho raza Holstein se caracteriza por su elevado comportamiento sexual y social entre los grupos esto a la llegada de su pubertad el cual ocasiona problemas en el manejo habitual de los toros, además en las fases previas al sacrificio generan en los animales una situación estresante cuyas consecuencias es la presentación de una menor calidad de canal y carne tras el sacrificio y faenado (Mach et al., 2010).

Por tal motivo la castración es una práctica común en los animales que serán terminados en confinamiento ya que mejora la calidad de la canal y la carne, aumentando el porcentaje de veteado y grosor de la grasa subcutánea, este tipo de rasgos son ampliamente buscados por la industria de la carne, además que por medio de esta práctica de castración ayuda a disminuir las conductas sexuales agresivas entre los animales (Amatayakul-Chantler et al., 2013).

Por tal motivo el objetivo de este estudio es comparar el efecto la castración quirúrgica vs inmuno castración sobre las características de calidad de la carne y la canal en ganado Holstein.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Castración**

La castración es uno de los procedimientos que se realiza comúnmente en el ganado; y consiste en la eliminación y/o supresión de la funcionalidad testicular, con el objetivo de detener la producción de hormonas sexuales (Brassett, 2009).

La castración quirúrgica consiste en extraer los testículos por medio de una incisión. En un procedimiento muy sencillo y lo puede realizar cualquier persona con un mínimo de entrenamiento. Este procedimiento casi nunca trae consecuencias adversas siempre y cuando se tengan presentes unas recomendaciones básicas (Bavera et al., 2006).

La castración de los machos en el ganado bovino se realiza principalmente para poder reducir la agresividad de los animales y mejorar la terneza de la carne. Sin embargo, realizar la técnica de castración quirúrgica es un proceso traumático que no solo incrementa el nivel de estrés generado por el destete, sino que también repercute negativamente sobre la ganancia de peso de los terneros (Bretschneider, 2009).

Los toros que no han sido castrados generan un desafío durante el proceso de engorda ya que presentan un riesgo entre los mismos animales así como hacia sus manejadores presentando una tendencia a la conducta agresiva y sexual. El método de castración a una edad adecuada del animal ayuda a reducir este tipo de eventos el cual brinda una serie de ventajas que ayudan al mejoramiento de la estructura del animal el cual conlleva una mejora de calidad de

la canal y la carne a través de una mejor composición de grasa corporal (Amatayakul-Chantler et al., 2012).

La castración de los terneros a los 8 y 9 meses de edad se prevé aprovechar al máximo el potencial de crecimiento en la fase prepuberal y reducir la forma importante el comportamiento agresivo y sexual, así como mejorar la calidad de la canal y la carne (Mach et al., 2009).

Chávez et al. (2016), establece que la castración implica una reducción importante de rendimientos productivos a causas del estrés, el dolor y la disminución de la concentración de hormonas anabólicas.

Bavera et al. (2006), mencionan que en el ganado vacuno, la castración tiene como objetivo mejorar la calidad del ganado bovino, logrando que se desarrollen más las regiones de las cuales se obtienen cortes valiosos, hacer más rápido y fácil el proceso de engorda así como eliminar del programa de reproducción animales no aptos para consumo humano.

La castración está justificada para evitar cruzamientos indeseables y mejorar el desempeño del ganado, por lo que la condición de machos castrados predomina frente a la de los machos enteros, debido a que reduce el comportamiento agresivo y sexual (Price et al., 2003), debido a la inhibición de la síntesis de testosterona (Adams et al., 1996). La disminución de testosterona del animal castrado también favorece a una mayor deposición de grasa subcutánea e intramuscular, lo que a su vez favorece a las características de la carne y canal relacionadas a calidad (Jerez-timaure et al., 2005).

Sin embargo, cuando la castración no se realiza adecuadamente puede complicarse con hemorragias y edemas, que provocan dolor crónico en el animal o infecciones posteriores, lo que implica una reducción importante de rendimientos productivos a causa del estrés (Mach et al., 2010) disminuyendo su peso a causa del dolor provocado en ellos, generando situaciones extremas hasta la muerte de éstos (Zweiacher et al., 1979).

La castración puede realizarse mediante métodos físicos (orquiectomía, aplicación de anillas o bandas de goma y emasculación) y métodos químicos (inyección de sustancias tóxicas e inmunocastración) Mach et al., 2010.

En la producción de carne a menudo utiliza la castración como una herramienta de gestión para proporcionar ventajas, entre ellas mejor calidad de la carne a través de una mayor deposición de grasa, reducción agresiva de las conductas sexuales que resultan en la facilidad y seguridad en el manejo, menos daño de la canal, y la mejora en el bienestar de los animales (Amatayakul-Chantler et al., 2013).

La castración consiste en la eliminación de las gónadas con el objetivo de anular las facultades de la reproducción y la acción de las hormonas sexuales, sus principales propósitos son: evitar que un toro de bajo valor genético se aparee con una hembra de alto valor genético, de igual forma, se busca que los machos sean menos agresivos y peligrosos con los humanos durante su crianza, y cumplir con las demandas del mercado en lo que concierne a la calidad y ventas del ganado, en realidad la castración (o neutralización) de toros se lleva

a cabo solamente para la producción de carne (Alberta, 2008).

La castración de terneros de engorda mejora la calidad de la canal y la carne y adicionalmente, reduce el comportamiento agresivo y sexual de los animales, lo que facilita su manejo. No obstante, la castración requiere un trabajo adicional ya que puede provocar dolor prolongado e inducir estrés en el animal, además reduce la concentración plasmática de hormonas anabólicas asociadas al crecimiento muscular y, en consecuencia, reduce los rendimientos productivos. Desde un punto de vista legal el uso de la castración quirúrgica como un método habitual de manejo no está bien definido, como en el caso de porcino, pero queda claro que si se realiza es necesario aplicar anestesia y analgesia y debe existir una justificación que indique que beneficia al animal y/o que es importante para la protección del personal que trabaja con ellos (Mach et al., 2011).

Como consecuencia, los novillos usualmente tienen mayor valor comercial que los toros (Morón et al., 2010), las categorías de castración de acuerdo a la edad y peso del animal son las siguientes: castración ligeramente temprana: menos de 4 meses de edad o menos de 100 kg de peso vivo; castración ligeramente tardía: entre 4 y 7 meses de edad o entre 100 a 250 kg de peso vivo; castración moderadamente tardía: entre 8 y 11 meses de edad o entre 251 a 350 kg de peso vivo; castración muy tardía: entre 13 y 15 meses de edad entre 351 a 450 kg de peso vivo; castración extremadamente tardía: después de 15 meses de edad o después de 450 Kg de peso vivo. Inmediatamente después de la castración, los terneros comienzan a perder peso y las ganancias de peso diarias decaen por un cierto tiempo.

## **Inmunocastración**

Una alternativa de castración donde se reduce el dolor en los animales es por medio de la inmunocastración, en la cual ha sido propuesta como una alternativa para la castración del ganado debido a que logra disminuir los niveles de testosterona además de no causar daños a los animales ayudando al mejoramiento de bienestar animal en comparación a los otros métodos de castración (Price et al., 2003)

La Hormona Liberadora de Gonadotropina (GnRH), también conocida como Hormona Liberadora de la Hormona Luteinizante (LHRH) se produce en las neuronas del hipotálamo, la cual al llegar a la pituitaria anterior en altas concentraciones estimula la liberación de hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) al torrente sanguíneo (Turkstra y Meloen, 2006); para así alcanzar las gónadas; este mecanismo es llamado eje hipotálamo- hipofisario-gonadal (Prieto y Velázquez, 2002). Análogos de GNRH estimulan (agonistas de GNRH) o suprimen (antagonistas de GnRH) a la FSH y LH (Pérez, 2015). En los machos la inhibición de la secreción pituitaria de la LH y la FSH, da como resultado la privación de testosterona, que posteriormente conduce la alteración de la espermatogénesis, el comportamiento y la disminución de tamaño de los testículos (Turkstra y Meloen, 2006).

La inmunocastración, consiste en administrar inmunocontraceptivos inductores de la producción de anticuerpos contra la GnRH a los terneros de 4 meses de edad aproximadamente, coincidiendo con el inicio del desarrollo

testicular y producción de andrógenos, el factor liberador de gonadotropinas o GnRH es liberado por neuronas especializadas del hipotálamo. El GnRH viaja por el sistema porta-hipotálamo hacia la glándula pituitaria (hipófisis) anterior donde se une a los receptores de GnRH (Price et al., 2003). Aunque la reducción de testosterona es efectiva aproximadamente 6 meses después de la primera dosis, su efecto es reversible, por lo que es necesaria una revacunación a los 12 meses para inhibir la síntesis de testosterona, reducir los comportamientos sexual y agresivo, y mejorar la calidad de la canal y la carne (Adams et al., 1996; Mach et al., 2010; Chávez, et al., 2016).

Hasta en la segunda aplicación de la vacuna con anti GnRH, los parámetros productivos de los machos inmunocastrados serían similares a los de los machos enteros y posteriormente los parámetros se parecerían a los de los machos castrados (Barrera, 2013).

La reducción de testosterona se presenta efectiva aproximadamente a los 6 meses después de la primera dosis, su efecto es reversible, por lo que es necesaria una revacunación a los 12 meses para inhibir la síntesis de testosterona, reducir los comportamientos sexual y agresivo, así como el mejoramiento de la calidad de la canal y la carne (Mach et al., 2010; Chávez et al., 2016).

Desde 2007, una nueva vacuna (Bopriva Pfizer, Sanidad Animal Australia) diseñado específicamente para el ganado, ha sido registrado en Nueva Zelanda y Australia para la reducción de los niveles sanguíneos de

testosterona en toros púberes. Actualmente Bopriva es la única vacuna anti-GnRH disponible para el ganado en el mercado y ha demostrado buena eficacia y la seguridad en un proyecto piloto con novillos. Este último y varios otros estudios han demostrado que las vacunas basadas en anti-GnRH son eficaz en la supresión de testosterona reduciendo el comportamiento sexual y agresivo (Janett et al., 2012).

Según Atamayaku-Chantler et al. (2013), indican que ésta se utiliza a menudo como una herramienta de manejo clave para suministrar ventajas importantes que incluyen una mejor calidad de la canal y reducción del comportamiento sexual agresivo. Las vacunas de GnRH estimulan anticuerpos neutralizantes lo cual se traduce en inmunocastración, lo que da como resultado una supresión en la producción de testosterona, significando un método de castración enfocado al bienestar animal.

La inmunización activa contra la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH) es una solución eficaz, no invasiva, alternativa a la castración quirúrgica en bovinos (Huxsoll et al., 1998; Janett et al., 2012), y consiste en el uso de péptidos análogos a la GnRH conjugados con proteínas, con el objetivo de producir anticuerpos que neutralicen la función de la GnRH (Borroto, 2008).

La aplicación de la vacuna en los bovinos machos contra GnRH suprime las concentraciones de testosterona en sangre, el desarrollo testicular, y la espermatogénesis (Cook et al., 2000) mediante el bloqueo de la secreción de dos

hormonas: LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante) Turkstra y Meloen (2006).

La inmunocastración está reportada como método alternativo a cualquier tipo de castración en los animales de importancia económica, debido a que disminuye el comportamiento agresivo de los machos, mejora la conversión alimenticia y se producen canales más magras (Borroto, 2008).

La reducción de la conducta agresiva del ganado favorece en la disminución de la incidencia de lesiones en los animales y sus manejadores; aminorando contusiones y carne oscura en el momento del sacrificio y por lo tanto aumenta las ganancias económicas al productor (Price et al., 2003).

La severidad de este período de estrés está relacionada con la edad de castración, ésta a temprana edad produce menos estrés y los terneros se recuperan más rápidamente que aquellos castrados al destete. Bretschneider (2005), reportó que la castración temprana redujo las pérdidas de peso asociadas con el estrés del animal durante el período de recuperación. Sin embargo, la castración tardía puede mejorar el peso final del animal, pero disminuye la blandura de la carne al compararse con castración temprana, ya que la castración tardía retarda la acumulación de tejido adiposo comparado con la castración temprana, lo cual resulta en canales con menos grasa.

Por otra parte Janett et al. (2012), reportaron que la testosterona tiene un efecto anabólico, hubo aumento de peso de los toros inmunocastrados que tenían niveles más bajos de testosterona a diferencia de los animales enteros.

Esto puede explicarse por la actividad física reducida en los animales inmunocastrados mejorando su condición corporal. Además los toros inmunocastrados contra GnRH presentaron características de la canal similares a los toros enteros y una mejor eficiencia alimenticia que los toros enteros.

En un estudio realizado por Amatayakul-Chantler et al, (2012) reportaron que las concentraciones de testosterona habían disminuido ligeramente a partir de la segunda dosis de la vacuna y durante el estudio mantuvieron los niveles de testosterona suprimida, independientemente del uso de implantes en ganado de razas cebús con razas europeas engordados en un sistema de producción de 150 días y vacunados con dos dosis de la vacuna, la primera al día 1 del tratamiento y la otra al día 42. Las tasas de crecimiento fueron similares ( $P>0.05$ ) tanto en el grupo toros quirúrgicamente castrados (QC) como en el grupo toros Inmunocastrados (IC) durante el periodo de aplicación de la primera dosis de la vacuna de GnRH, los toros IC no mostraron efecto negativo sobre la tasa de crecimiento. Los resultados obtenidos muestran que en el día 91, no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los grupos, ya que ambos tratamientos presentaron niveles similares de testosterona.

A su vez Amatayakul-Chantler et al. (2013), reportaron en toros inmunocastrados tuvieron una ganancia diaria de peso de  $0.79\pm 0.01$  kg más altos que los toros del grupo castrado quirúrgicamente el cual fue de  $0.75\pm 0.01$  kg la ganancia diaria de peso fue calculado para el periodo del día 91 al día 280, tiempo en el cual se había de esperar un efecto significativo en ambos grupos después del sacrificio y evisceración de los animales. El grupo de los toros

inmunocastrados obtuvieron una media mayor de peso de 8.4 kg ( $P < 0.01$ ) en comparación con los castrados quirúrgicamente.

### **Efecto de la castración sobre las características de calidad de la canal y la carne**

La mejora de calidad de la canal y la carne está asociada a la castración ayudando a generar un aumento en la cobertura de grasa así como un aumento de la pigmentación cromática y blandura de la carne, el color de la carne es determinante en la decisión de compra por parte del consumidor. En general, la carne con más pigmentación cromática (color rojo brillante) es más atractiva y es considerada como más fresca por parte del consumidor.

La blandura de la carne es el atributo sensorial que más afecta la satisfacción del consumidor, ésta depende de factores externos relacionados con el período pre sacrificio (alimentación, ganancia diaria de peso, edad de sacrificio) y el periodo post mortem (la maduración de la carne produce un aumento de la blandura debido a un aumento de la proteólisis muscular), de la cocción y de factores intrínsecos del músculo (cantidad de tejido conectivo y grasa intramuscular, pH, tipo de fibras musculares (Purchas et al., 2002). Así por ejemplo, Mach et al. (2010) reportaron que la blandura en los animales castrados fue superior que en los animales enteros, debido a un mayor índice de proteólisis durante los primeros 7 días post mortem, mientras que Purchas et al. (2002) describieron que la carne de los animales castrados presentó mayor blandura que la de los enteros debido a ambos efectos, mayor proteólisis muscular y mayor contenido de grasa intramuscular.

Katz (2007) y Mach et al. (2009), reportan que con la castración hubo

aumento de la blandura de la carne y con valores más bajos de pH. Además, la carne de animales castrados tenía mayores valores de luminosidad, enrojecimiento y amarillez que la carne de los toros enteros. De acuerdo a resultados presentados por Purchas et al. (2002) y Martí et al. (2011), observaron que la carne de animales castrados en edades prepuberales o en edades postpúberes tienen menos valores de esfuerzo al corte y en consecuencia menor dureza en comparación con la carne de los toros enteros. Estos autores asocian el aumento de la blandura con un pH final ligeramente más bajo, mayor índice de fragmentación, mayor contenido de grasa, y posiblemente una menor contribución de tejido conectivo.

En un estudio realizado por Amatayakul-Chantler et al. (2012), donde evaluaron la utilización de un inmunocastrador en machos de cruce cebú, reportaron un incremento apreciablemente la proporción de canales que recibieron la clasificación Choice (USDA), un aumento en la cobertura de grasa en el lomo y una tendencia a disminuir la blandura de la carne. Los animales fueron clasificados como menos agresivos y más tranquilos, por efecto de la inmunocastración, presentaron mayores tasas de crecimiento; mientras que la reducción de los niveles de estrés del ganado en engorda ha sido asociada con una mejoría de la calidad de la carne. Por lo que, el uso de un inmunocastrador en machos enteros de cruce de cebú en engorda proporcionó mejoras notables en la calidad de la carne, de acuerdo a la clasificación USDA y la profundidad de la grasa en el área del ojo de la costilla; mientras que la combinación del inmunocastrador con implantes anabólicos mejoró el peso corporal, el peso de la canal caliente y la ganancia diaria de peso y mantuvo las

mejoras marcadas en términos de los parámetros de la calidad de la carne.

Ribeiro et al. (2004), en su estudio no reportaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los animales enteros e inmunocastrados dando como resultado el área de ojo de la costilla  $67.4 \pm 2.4$  cm y  $63.9 \pm 2.1$  cm, así como para la grasa subcutánea  $0.29 \pm 0.8$  mm y  $0.52 \pm 0.7$  respectivamente. Sin embargo, D'Occhio et al. (2001), reportaron un mayor espesor de grasa ( $P < 0.05$ ) para los animales inmunizados contra la GnRH en relación con enteros, los animales inmunocastrados tuvieron una menor área del ojo de la costilla. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos para la conformación de la canal y marmoleo. En otro estudio Amatayakul-Chantler et al. (2012), utilizando anti-GnRH (Bopriva®) en animales inmunocastrados tuvo mayor espesor de la grasa y el área de costilla más pequeño en comparación con el grupo de control (enteros).

Viljoen et al. (2002), en su estudio mostraron que los toros inmunocastrados tuvieron un rendimiento en canal de 271.8 kg en comparación al grupo de toros castrados quirúrgicamente el cual presentó un peso promedio de 264 kg.

Los animales inmunizados activamente en contra de la GnRH presentan altos niveles de anticuerpos contra esta hormona, la concentración de testosterona se reduce y por ende una disminución del libido y un comportamiento más dócil (Robertson, 1982). Así al reducirse la magnitud de la conducta agresiva, con ello hay mejores beneficios en la calidad de la canal y de la carne (Huxsoll et al., 1998).

Cuando los animales son sometidos a altas condiciones de estrés, están más propensos a presentar pH elevados que en animales tranquilos o de

temperamento normal; y lo anterior afecta características deseables de la calidad de carne, tales como el color (Del Campo, 2011). El efecto más común asociado al estrés antemortem sobre la calidad de la carne, es la presencia de cortes oscuros; esta condición se da por períodos largos de estrés que producen un aumento del pH, debido al incremento de la concentración de glucocorticoides y catecolaminas, coincide con aumentos séricos de glucosa y lactato (Vaca, 2010).

Ribeiro et al. (2004), con el objetivo de evaluar los efectos de la castración quirúrgica e inmunocastración sobre la calidad de la carne en toros B-Taurus sacrificados a los 24 meses, no reportaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en esfuerzo al corte entre machos de ambos tratamientos.

En un estudio realizado por Amatayakul-Chantler et al. (2013), no reportaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en medición del área de la costilla en la canal, color y blandura de la carne entre machos vacunados con Bopriva comparados con castrados quirúrgicamente.

Así mismo Guiuliana et al. (2014), no reportaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en los valores del área del ojo de la costilla en toros Nellore castrados quirúrgicamente e inmunocastrados.

Marti et al. (2017), evaluaron el efecto de la vacuna anti-GnRH sobre la conformación y calidad de la carne en toros Holstein, el cual no reportaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en valores del área del ojo de la costilla, grasa dorsal y color de la carne entre machos castrados quirúrgicamente e inmunocastrado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El estudio se desarrolló en la engorda Ganadera Mexicali ubicada en el kilómetro 3.5 carretera a San Luis S/N, Ejido Pólvora, la cual se encuentra a 32°32'00 latitud Norte y a 115°12'41 longitud Oeste a 20 msnm, la zona se caracteriza por tener el clima seco continental con una temperatura media de 34.7°C (-5°C invierno y 50°C en verano), con una precipitación anual de 37 mm y una humedad relativa superior al 50% (García, 1981). Todos los animales fueron sacrificados en la planta de sacrificio Tipo Inspección Federal 511 Carnes Selectas de México S.A de C.V en el Valle de Mexicali.

### Metodología

Se utilizaron machos de la raza Holstein entre 7 y 8 semanas con un peso aproximado de 240 kg. Se contempló un promedio de 250 días de engorda donde los animales alcanzaron  $607.85 \pm 12.89$  kg al sacrificio. Para el estudio se consideraron 4 corrales con 90 animales por corral para cada tratamiento. Los animales recibieron alimento 2 veces al día con una dieta formulada a base de 6 raciones a lo largo del periodo de engorda.

**Tratamiento 1:** formado por machos inmunocastrados, a este grupo de animales se les fue aplicado 1 ml en forma subcutánea de Bopriva (Laboratorio Zoetis, Salud Animal, México) a los días 1, 21, 101 y 181 de engorda.

**Tratamiento 2:** formado por machos castrados quirúrgicamente a las 24 horas de nacimiento antes de pasarlos a las becerreras en el establo lechero. A los animales de este tratamiento se les aplicó 1 ml. de solución salina (placebo) en forma subcutánea en los mismos días de aplicación de Bopriva.

Los animales fueron alimentados dos veces al día, siguiendo un programa de 6 dietas típicas del Norte del país, a base de trigo, sudan, cebo, DDG (granos secos de destilería), y una mezcla de minerales. Una vez finalizado el tiempo de engorda, los animales fueron arreados a la planta con la ayuda de personal capacitado a caballo donde los animales fueron instalados en corrales de reposo previo a su sacrificio teniendo acceso a agua por aproximadamente 5 horas. Los animales fueron sacrificados a los 242 días de engorda, con un promedio de peso vivo de  $607.85 \pm 12.89$  kg. El sacrificio se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la NOM-033-SAG/ZOO-2014: Métodos para dar Muerte a los Animales Domésticos y Silvestres.

Una vez realizado todo el proceso propio de la planta de sacrificio, después del eviscerado se procedió a pesar la canal obteniéndose el peso de la canal caliente. A las 24 horas post mortem, antes de pasar a la sala de despieces, se tomó el registro del peso de la canal fría, espesor de la grasa dorsal, marmoleo, área del ojo de la costilla en las canales de ambos tratamientos. Se realizó el corte de la 12va. y 13va. costilla en la canal, el espesor de la grasa dorsal se midió utilizando una regla métrica siguiendo la metodología descrita por Hale et al. (2013). La escala del marmoleo se evaluó identificando de menor a mayor proporción de grasas (Trazas, ligero, pequeño, modesto, moderado, ligeramente

abundante, y moderadamente abundante), el área del ojo de la costilla se evaluó utilizando la plantilla sugerida por Iowa State University, ambas siguiendo la metodología descrita por AMSA (2001).

Al momento que se realizó el deshuese pasando 48 horas de almacenamiento de las canales, se tomaron 10 muestras al azar de cada corral de entre las canales evaluadas, el trozo de carne consistió en un trozo del músculo *Longissimus lumborum* de aproximadamente 1000 g, se empaco al vacío y refrigerados se transportaron al Laboratorio de Calidad Fisico-Química de Productos de Origen Animal del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California para realizar los análisis de pH, color, esfuerzo al corte y capacidad de retención de agua. El pH se determinó empleando el potenciómetro de punción DELTATRAK ISFET pH 101. Los valores de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $H^*$ ) fueron medidos en la superficie del corte utilizando un espectrofotómetro MINOLTA CM-2002 (Minolta camera, Co., Ltd., Japón). Utilizando un componente especular incluido (SCI), un iluminante  $D_{65}$  y un observador de  $10^\circ$ , donde  $L^*$  es el índice de luminosidad,  $a^*$  es la intensidad de color rojo,  $b^*$  es la intensidad del color amarillo, el croma ( $C^*$ ) fue calculada como  $C=(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$  (Young et al., 2003). La capacidad de retención de agua (CRA) se realizó por medio de centrifugación de acuerdo a la técnica de Sulston et al. (1997). El esfuerzo al corte (EC) se evaluó con muestras previamente cocinadas a través de un sacabocados de  $1\text{ cm}^2$  obteniendo la muestra en forma perpendicular a la orientación de las fibras musculares, su medición se determinó utilizando un

texturómetro (Lloyd Instruments, England). Todas las mediciones fueron realizadas por triplicado.

### **Análisis estadístico**

El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar donde la unidad experimental fueron las canales y la carne. El modelo estadístico que fue utilizado es:

es:  $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$  donde:

$Y_{ijk}$ = variable de respuesta

$\mu$ = el efecto medio

$\tau_i$ = efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$ = el efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento (error experimental),  $\varepsilon_{ij} \approx NI(0, \sigma^2)$ .

En los análisis estadísticos que se utilizaron para los procedimientos FREQ y GLM del paquete SAS versión 9.3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables de calidad de la canal por tratamiento se muestran en el Cuadro 1, el peso de la canal caliente (PCC) y peso de la canal fría (PCF) de los machos castrados fue diferente ( $P < 0.05$ ) observando pesos más altos en los canales de los machos castrados quirúrgicamente con una diferencia de 14 y 13 kg respectivamente con respecto a las canales de machos inmunocastrados. Al respecto, Amatayakul-Chantler et al. (2013) en un estudio con toros Nellore castrados quirúrgicamente e inmunocastrados observaron en las canales de los toros inmunocastrados el PCC mayor de 8 kg ante las canales de toros castrados quirúrgicamente ( $P < 0.05$ ); mientras que Giuliana et al. (2014), no reportaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el PCC en canales de toros Nellore inmunocastrados y castrados quirúrgicamente; lo mismo fue observado por Ribeiro et al. (2004). Estos resultados pueden ser atribuidos al corto tiempo de recuperación de los machos castrados quirúrgicamente durante estos estudios, ya que en esta investigación en particular, los machos fueron castrados quirúrgicamente a las 24 horas tras el nacimiento, y el arribo a la engorda fue entre los 7 y 8 meses, tiempo en que los becerros se recuperaron antes de trasladarse a la engorda e iniciar el estudio.

El espesor de grasa dorsal (EGD) fue mayor ( $P < 0.05$ ) en canales de animales castrados quirúrgicamente, mientras que el porcentaje de KPH fue similar entre tratamientos ( $P > 0.05$ ); por su parte, Ribeiro et al. (2004), no reportaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el EGD en toros castrados quirúrgicamente versus inmunocastrados, con valores de  $0.45 \pm 0.7$  mm ante  $0.52 \pm 0.7$  mm

Cuadro 1. Valores medios  $\pm$  E.E de las variables de calidad de la canal por tratamiento

Variables	Tratamientos		E.E	P>f
	Castrados Quirúrgicamente	Inmunocastrados		
PCC (kg)	376.60 <sup>a</sup>	362.61 <sup>b</sup>	4.14	0.0009
PCF (kg)	374.87 <sup>a</sup>	361.38 <sup>b</sup>	4.09	0.0011
EGD (cm)	0.65 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	0.33	0.0042
AOC (cm <sup>2</sup> )	91.41 <sup>a</sup>	86.81 <sup>b</sup>	0.20	0.0048
KPH (%)	1.49 <sup>a</sup>	1.60 <sup>a</sup>	0.09	0.2473

<sup>a,b</sup> Literales diferentes en el mismo renglón son diferentes (P>0.05). PCC: peso de la canal caliente; PCF: peso de la canal fría; EGD: espesor de grada dorsal; AOC: área del ojo de la costilla; KPH: grasa pélvica, renal y del corazón.

respectivamente. Resultados similares fueron observados por Martí et al. (2017) con valores de EGD de 0.56 mm en canales de machos castrados contra 0.53 mm en canales de machos inmunocastrados. Lo mismo fue observado por Amatayakul-Chantler et al. (2013) en canales en canales de animales castrados quirúrgicamente (EGD:  $0.54\pm 0.4\text{mm}$ ) contra canales de machos inmunocastrados (EGD:  $0.49\pm 0.4\text{ mm}$ ).

Los valores del área del ojo de la costilla (AOC) fueron mayores ( $P<0.05$ ) en canales de machos castrados quirúrgicamente contra inmunocastrados ( $91.41\text{ cm}^2$  vs.  $86.91\text{ cm}^2$ ). Resultados similares entre tratamientos ( $P>0.05$ ) han sido reportados por Martí et al. (2017) en machos de la raza Holstein y por Giuliana et al. (2014) en ganado de raza Nellore en canales de animales quirúrgicamente castrados ( $81.06\pm 1.78\text{ cm}^2$ ) contra canales de animales inmunocastrados ( $83.61\pm 1.73\text{ cm}^2$ ). Lo mismo fue observado por Amatayakul-Chantler et al. (2013) en machos Nellore castrados quirúrgicamente ( $72.1\text{ cm}^2$ ) ante machos inmunocastrados ( $72.3\text{ cm}^2$ ). Estas diferencias pudieron deberse al tipo de raza en los animales utilizadas en el estudio. Algunos autores afirman que el ganado Holstein son de una estructura corporal mas grande y mas largos y tienen un periodo mayor de días de engorda, lo que le permite desarrollar canales de mayor tamaño que razas de ganado de carne (Adams et al., 1996).

La frecuencia de canales de acuerdo a la clasificación para marmoleo en cada tratamiento se presentan en el Cuadro 2, las frecuencias por categorías fueron similares ( $P>0.05$ ) entre las canales de machos castrados con respecto a las canales de machos inmunocastrados. El mayor número de canales en ambos

Cuadro 2. Clasificación del marmoleo en las canales por tratamiento

Clasificación	Tratamientos	
	Castrados Quirúrgicamente N=126	Inmunocastrados N=126
Trazas	3	0
Slight	67	66
Small	46	50
Moderadamente modesto	1	10
Modesto	9	0

Valores en el cuadro corresponden al número de canales por cada categoría.

tratamientos se clasificaron en las categorías “ligero” y “pequeño”. Estos resultados son similares ( $P>0.05$ ) a los reportados por De Fritas et al. (2015) entre canales de machos inmunocastrados y castrados; lo mismo fue observado por Marti et al. (2017) el cual no reportaron diferencias ( $P>0.05$ ) en el porcentaje de grasa intramuscular entre canales de machos Holstein castrados e inmunocastrados.

En el Cuadro 3, se observan los valores de las características físico-químicas de la carne de ambos tratamientos, los valores de pH de la carne fueron similares ( $P>0.05$ ) en canales de machos castrados e inmunocastrados, estos valores se reportan en rangos similares de una carne con pH normal de 5.5 a 5.8 (Silva et al., 1999); además estos resultados también han sido reportados con valores de pH de 5.57 a las 24 h en canales de ganado Holstein (Mariño et al., 2005).

Los valores de color ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  y  $H^*$ ) fueron diferentes por tratamiento. El valor de  $L^*$  no mostró diferencias ( $P>0.05$ ) entre castrados e inmunocastrados. Amatayakul-Chantler et al. (2013) reportaron valores de  $L^*$  similares ( $P>0.05$ ) en carne de machos castrados e inmunocastrados. Giuliana et al. (2014) reportaron valores similares ( $P>0.05$ ) entre tratamientos en valores de  $L^*$  en canales de ganado Nellore ( $38.87\pm 0.59$  en machos castrados quirúrgicamente contra  $36.77\pm 0.56$  en machos inmunocastrados). Lo mismo fue observado por Marti et al. (2017) donde registraron valores similares ( $P>0.05$ ) en valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en canales de machos castrados ( $L^*=33.9$ ;  $a^*=17.1$ ;  $b^*=2.6$ ) e inmunocastrados ( $L^*=34.0$ ;  $a^*=16.9$ ;  $b^*=2.4$ ). A pesar de que la carne mostró un pH normal, los

Cuadro 3. Valores medios  $\pm$  E.E de las variables físico-químicas de la carne

Variables	Tratamientos		$\pm$ E.E	P>f
	Castrados	Inmunocastrados		
pH	5.54 <sup>a</sup>	5.56 <sup>a</sup>	0.04	0.7163
L*	32.14 <sup>a</sup>	32.74 <sup>a</sup>	0.43	0.1731
a*	11.97 <sup>a</sup>	10.70 <sup>b</sup>	0.33	0.0002
b*	7.93 <sup>a</sup>	12.86 <sup>b</sup>	0.47	0.0001
C*	14.63 <sup>a</sup>	16.87 <sup>b</sup>	0.48	0.0001
H*	33.23 <sup>a</sup>	49.28 <sup>b</sup>	1.21	0.0001
CRA%	81.81 <sup>a</sup>	86.89 <sup>b</sup>	0.74	0.0114
EC (kgf)	5.32 <sup>a</sup>	5.75 <sup>a</sup>	0.24	0.0919

<sup>a,b</sup> Literales diferentes en el mismo renglón son estadísticamente diferente (P<0.05). pH: Potencial de hidrogeno, L\*: Luminosidad, a\*: Cantidad de pigmento rojo, b\*: Cantidad de pigmento amarillo, C\*: Croma (color vivo-apagado), H\*: Angulo de color, CRA: capacidad de retención de agua; EC: esfuerzo al corte.

valores observados de color en este estudio son similares a los reportados por Wulf et al. (2002) de una carne DFD ( $L^*:34.8$ ;  $a^*:18.8$ ;  $b^*: 6.7$ ), lo que indica que los animales estuvieron expuestos a agentes estresantes previo al sacrificio.

No se observaron diferencias ( $P<0.05$ ) en los valores de esfuerzo al corte en las canales entre machos castrados e inmunocastrados. De acuerdo a los criterios ya establecidos por Boleman et al. (1997), los valores de esfuerzo al corte de la carne corresponden a una blandura intermedia (blanda: 22.26-35.10N; intermedia: 40.01-52.95N; dura: 57.85-70.60N). Lo mismo ha sido observado por Amatayakul-Chantler et al. (2013) y por Giulianna et al. (2014), donde no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) en los valores de esfuerzo al corte en la carne de animales castrados quirúrgicamente e inmunocastrados.

Por su parte, Giulianna et al. (2014) no, reportaron diferencias ( $P>0.05$ ) en los valores de esfuerzo al corte debido a la condición sexual, ellos muestran valores en machos castrados quirúrgicamente:  $56.60 \pm 0.36N$ ; inmunocastrados:  $53.37 \pm 0.35N$  y machos enteros:  $48.85 \pm 0.35N$ .

## **CONCLUSIONES**

Para fines de producción, la castración quirúrgica a las 24 h de nacimiento en los machos Holstein se pueden lograr animales más pesados y con mejores características en la canal que las canales de machos inmunocastrados durante periodos de más de 200 días de engorda, sin embargo es necesario evaluar el impacto que tiene en el bienestar animal en los becerros tras la castración.

## LITERATURA CITADA

- Adams, T. E., C. A. Daley, B. M. Adams and H. Sakurai. (1996). Testes function and feedlot performance of bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone: effect of age at immunization. *J. Anim. SCI.* 74(5): 950-954.
- Alberta Agriculture. (2008). *The Beef Cow-Calf Manual, Section 4: Calf Management from Birth to Weaning.* Agdex 420/10. Pp. 85-87.
- Amatayakul-Chantler, S., J. Jackson, J. Stegner, V. King, L. Rubio, R. Walker. (2012). Immunocastration of Bos Indicus x Brown Swiss Bulls in feedlot with gonadotropin-releasing vaccine Bopriva provides improved performance and meat quality. *Journal of Animal Science.* 90, 3718-3728.
- Amatayakul-Chantler S., F. Hole, J. Jackson, R. Roca, J. Stegner, V. King, R. Howard, E. López, J. Walker. (2013). Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of Bos indicus bulls raised on pasture in Brazil. *Meat Science* 95 78-84.
- AMSA, American Meat Science Association. (2001). *Meat evaluation handbook,* U.S.A.: American Meat Science Association, 17-26.
- Andreo, N, A. M. Bridi; M. Avena, L Manha,. A.P. da Costa, E. Lopes and P.E Fernandes. (2013). Influence of immunocastartion (Bopriva) in weight gain, carcass characteristics and meat quality of Nellore. *Ciencias Agrarias, Londrina,* v. 34, n. suplemento 2, p. 4121-4132.
- Bavera , G. A. y C. Peñafort. (2006). *Castración de machos y hembras-cursos de producción bovina de carne,* FAV UNRC (en línea). Formato PDF.
- Boleman, S. J., Boleman, S.L., Miller, R.K., Taylor J. F., Cross, H.R., Wheeler, T.L., & Johnson, D.D. (1997). Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science,* 75, 1521-1524.

- Bretschneider, G. (2009). Castración de Terneros: Tradición versus Eficiencia. REDVET. Vol 10. N° 7.
- Chávez A. y J. Sánchez. (2016). Evaluación de dos métodos de castración con dos productos anabólicos bovinos para carne (Brahman x Mestizo). Escuela superior politécnica agropecuaria de Manibi.
- Cook, R., B. Popp, J. D. Kastelic, J. P. Robbins and R. Harland. (2000). The effects of active immunization against GnRH on testicular development, feedlot performance, and carcass characteristics of beef bulls. J. Anim. Sci. 78: 2778-2783.
- D'occhio, M. J. W. Aspden and T. Trigg. (2001). Sustained testicular atrophy in bulls actively immunized against GnRH: potential to control carcass characteristics. Anim. Reprod. Sci. Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 47-58.
- De Freitas, V. M., K. Martins, F. Ribeiro, T. Campos, R. Moraes, L. Franco and E. Barbosa. (2015). Effects of surgical castration, immunocastration and homeopathy on the performance, carcass characteristics and behavior of feedlot-finished crossbred bulls. Ciencias Agrarias, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1725-1734.
- García E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México, DF: Instituto de Geografía, UNAM 1991.
- Giuliana, Z. M., Faria, M.H., Roca, R.O., Santos, C.T., Suman, S.P., Faitarone, A.B.G., Savian, T.V. (2014). Immunocastration improves location for longissimus dorsi from Holstein steer carcasses. Meat Science, 112, 156-157.
- Hale, D.D., K. Goodson and J.W Savell. 2013. USDA beef quality and yield grades. URL <http://meat.tamu.edu/beefgrading/>

- Huxsoll, C. C., E. O. Price, and T. E. Adams. (1998). Testis function, carcass traits, and aggressive behavior of beef bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. *Journal of Animal Science* 76(7): 1760-1766.
- Janett, F., T. Gerig, A.C. Tschuor, C. Amatayakul, J. Walker, R. Howard, H. Bollwein and R. Thun. (2012). Vaccination against gonadotropin-releasing factor (GnRH) with Bopriva significantly decreases testicular development, serum testosterone levels and physical activity in pubertal bulls. *Anim. Reprod. Sci.* 78 (1): 72-80.
- Katz, L. S. (2007). Sexual behavior of domesticated ruminants. *Hormonal Behavior. J. Anim. Sci.* 52(1): 56-63.
- Mach N., A. Bach, C. Realini, E. Font, A. Velarde, & M. Devant. (2009). Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance, behavior, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Meat Science*, 81. 329-334.
- Mach, N. Bacj, A. Realini, C. Font-Furnols, M. Velarde, A. y Devant, M. 2010. Efecto de la castracion en terneros; rendimientos productivos y calidad de la canal y la carne Grupo de nutricion, manejo y bienestar animal, IRTA-TORRE Marimon (Institut de Recerca y Tecnologia Agroalimentaries), Barcelona, España.
- Mach. N, C. E. Bach, M. Realinic, M. Font-Furnolsc, A. Velardec y M. Devant. (2011). La castracion en terneros de engorde se plantea como alternative para reducir las presents devaluacions de la calidad de la canal y la carne, y conseguir, de esta forma, un valor añadido en el precio final de la misma. Grupo de nutricion, manejo y bienestar animal. IRTA-Torre Morimon (Instituto de Recerca Tecnologia Agroalimentarias).

- Mariño, G., A., M. L. Vilca y D. Ramos. 2005. Evaluacion del pH en canales de toros Holstein (*Bos tauros*) y Nelore (*Bos indicus*). *Rev Inv Vet Peru* 2005; 16 (1): 90-95
- Martí S., J. Jackson, N. Sloomans, E. López, A. Hodge, M. Pérez, M. Devant, S. Amatayakul. (2017). Effect on performance and meat quality of Holstein bulls fed high concentrate diets without implants following immunological castration. *Meat Science* 126. 36-42.
- Moron, O. O. Araujo, S. Pietrosevoli, N. Gallardo, B. Sulbaran y J. Peña. 2010. Efecto de la castracion sobre la composicion fisicoquimica y caracteristicas sensoriales en carne de bovinos mestizos comerciales. *Laboratorio Calidad de la Carne de Productos Carnicos. Rev. Fac. Agron. (Luz)*. 27: 594-606.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domesticos y silvestres.
- Price E., T. Adams, C. Huxsoll & R. Borgwart. (2003). Aggressive behavior is reduced in bulls actively immunized against gonadotropin-releasing hormone. *Journal of Animal Science*, 81, 411-415.
- Purchas, R. W., D. L. Burnham, and S. T. Morris. (2002). Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *J. Anim. Sci* 80: 3211-3221.
- Ribeiro, E. L. de A., Hernandez, J.A., Zanella, E. L., Shimokomaki, M., Prudencio-Ferreira, S. H., Youssef, E., Ribeiro, H. J. Bogden and J. Reeves. (2004). Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact *Bos indicus* bulls. *Meat Sci*. 68: 285-290.
- Robertson, I. S., H. M. Fraser, G. M. Innes, and A. S. Jones. 1982. Effect of immunological castration on sexual and production characteristics in male cattle. *Vet. Rec.* 111: 529-531.

Sultton, D.S., M., Ellis Y., Lan F.K., Mc Keith, E.R., Wilson 1997. Influence of slaughter weight and stress. Gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Sci.* 46(2): 173-180.

Viljoen, H.F., De Kock, H.L., & Webb, E.C. 2002. Consume acceptability of dark, form and dry (DFD) and normal PH beef steaks steaks. *Meat Science*, 61(2), 181-185.