

**“ÁRBOL DE DECISIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE
CASTRACIÓN TENIENDO EN CUENTA EL BIENESTAR EN BOVINOS”**

**MARIA ANGELICA HERNÁNDEZ MOLINA
JORGE LUIS SARMIENTO TARAZONA**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESPECIALIZACIÓN EN BIENESTAR ANIMAL Y ETOLOGIA - EBAE
BOGOTÁ
2024**

**“ÁRBOL DE DECISIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE
CASTRACIÓN TENIENDO EN CUENTA EL BIENESTAR EN BOVINOS”**

**MARIA ANGELICA HERNÁNDEZ MOLINA
JORGE LUIS SARMIENTO TARAZONA**

TRABAJO DE GRADO

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESPECIALIZACIÓN EN BIENESTAR ANIMAL Y ETOLOGIA - EBAE
BOGOTÁ
2024**

Introducción

En los últimos años ha venido aumentando los estudios de diferentes prácticas zootécnicas aplicadas a la producción, la salud y el bienestar animal, aportando a la iniciativa One Health, debido a un aumento en el interés de la sociedad por la crianza y manejo de los animales en los sistemas productivos donde se procure el bienestar animal (Yamada et al., 2021; Virgen Luján, 2017), humano y ambiental, sin embargo aún el entorno cultural ha estado retrasando estos cambios. Para lograr este proceso de suma importancia se deben hacer cambios en los estudiantes y egresados de Medicina Veterinaria y Zootecnia ya que se han manifestado bajos índices de sensibilidad al momento de realizar prácticas quirúrgicas o manejo en general de los animales (Orihuela, 2021; Virgen Luján, 2017). De esta manera, se lograría llegar a los productores y profesionales que realizan esta práctica sin protocolos en pro del bienestar, para así disminuir el dolor al realizar procedimientos por profesionales capacitados que brinden al bovino la verdadera superación del proceso.

Para proporcionar bienestar en los animales es importante estudiar el comportamiento animal, la etología aplicada ha venido creciendo durante los últimos años gracias al interés de granjas en la mejora de su producción (Orihuela, 2021), a través de esta podemos comprender y evitar prácticas incorrectas con el ganado: manejo aversivo, prácticas quirúrgicas sin el debido cuidado o violación de protocolos de bienestar animal y así disminuir el estrés de los animales (Domingues et al., 2019).

La castración es uno de los procedimientos de manejo más comunes en las producciones de ganado bovino. Este procedimiento se lleva a cabo para disminuir la agresión y para facilidad de manejo, control poblacional y se cree que la carne aumenta su calidad (Buddle et al., 2021; Yamada et al., 2021). A pesar de ser un procedimiento habitual y de sus beneficios, todos los métodos de castración producen cambios fisiológicos, neuroendocrinos y de comportamiento que indican ansiedad y dolor en ellos; además el manejo del dolor es esencial para el bienestar animal y el tiempo de recuperación del procedimiento (Buddle et al., 2021; Orihuela, 2021).

La castración bovina se puede realizar de diferentes formas como la quirúrgica, química o inmunológica, entre otras y el método utilizado puede influir

en el bienestar animal (Yamada et al., 2021). Sin embargo, aún no hay claridad sobre cuál método de castración es más efectivo para el bienestar animal (Buddle et al., 2021). La orquiectomía es invasiva y requiere de cuidados post operatorios, al contrario de los métodos no quirúrgicos cuyo objetivo es alterar la producción y funcionamiento de los gametos sin la extirpación física de las gónadas, lo que conlleva a la eliminación de los riesgos quirúrgicos y mejora del bienestar animal (Buddle et al., 2021; Prunier et al., 2006; von Borell et al., 2009).

La castración quirúrgica es invasiva (Johnston, et al., 2001, citado por Yamada et al., 2021), consiste en la extirpación total de los testículos y el epidídimo, realizando una incisión en el escroto; requiriendo cuidados post operatorios (D. Slatter, 2003, citado por Yamada et al., 2021).

La inmunocastración es una técnica aprobada en más de 50 países, no invasiva, se realiza mediante la vacunación contra la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) endógena (R. Huenchullan et al., 2021; Leoci et al., 2014); esta vacuna, suprime la secreción de gonadotropina e inhibe la gametogénesis y la producción de esteroides al impedir que la GnRH se una a los receptores de GnRH en la glándula pituitaria anterior (R. Huenchullan et al., 2021; Herbert & Trigg, 2005), siendo necesaria la aplicación de 2 o más dosis para lograr su efecto (Yamada et al., 2021).

La castración química es una técnica irreversible; consiste en la aplicación única por vía intratesticular de un fármaco, provocando una respuesta inflamatoria, seguida de fibrosis testicular y daño de las estructuras, causando un deterioro en la espermatogénesis y producción de andrógenos (Yamada et al., 2021; Leoci et al., 2014).

La castración con emasculador (Burdizzo) es un método de castración sin sangre, que provoca una marcada atrofia de los testículos y una completa ausencia de tejido testicular funcional mediante la interrupción de flujo sanguíneo por aplastamiento de los vasos sanguíneos que irrigan los testículos (Thüer et al.2007 ; Pang et al.2011 ; Pieler et al.2013 ; Lambertz et al.2014, citados por Marquette et al., 2021).

La castración con anillo de goma es un método de castración no quirúrgica, que consiste en usar un anillo de goma o una banda para la constricción del escroto y los testículos, interrumpiendo el flujo sanguíneo de los mismos,

causando atrofia y necrosis de los tejidos (Nogues et al., 2021), esta tarda de 3 a 6 semanas hasta que se da el desprendimiento de los testículos, siendo el medio de castración más lento (Saville et al., 2020).

Sin importar el tipo de castración se es necesario realizar prácticas del mismo para mejorar la habilidad de los profesionales, Anderson et al. (2021) indican que es importante realizar una práctica previa de los procedimientos para mejorar el nivel de competencia y proteger el bienestar animal.

Planteamiento del problema

La castración en sus diferentes técnicas es una práctica muy utilizada por los ganaderos con el fin de facilitar su manejo, evitar peleas, control poblacional y la modificación de la calidad de la carne (Buddle et al., 2021). Según Stafford y Mellor, (2005) y Coetzee (2011, citados por Canozzi et al., 2017) se sabe que la castración causa dolor, pero aun no se tiene clara la necesidad de analgesia, así como la dosis, duración y frecuencia de administración del fármaco.

Dentro de las principales limitaciones que conlleva buscar la manera de minimizar el dolor a través de las diferentes técnicas, está en la concientización de la sintiencia de los animales (Canozzi et al., 2022; Meléndez et al., 2018), y aunque, se sea consciente de que existe un nivel de dolor, este es difícil de medir, ya que hacen falta metodologías unificadas para la evaluación de este en el ganado (Wagner et al., 2021; Tschoner et al., 2024), debido a que al ser una especie presa, este evolucionó para enmascarar el dolor; adicionalmente según Canozzi et al. (2022), se ha visto que la medición y percepción del dolor es diferente para cada persona, incluso entre profesionales de la veterinaria y la zootecnia, siendo influenciado hasta por el género de los profesionales, como también el tipo de instalaciones, el indicador fisiológico del dolor y el método utilizado durante la castración.

Pregunta de investigación

¿Cuál método de castración se debe usar en nuestro sistema productivo bovino para asegurar al máximo el bienestar animal?

Justificación

Se ha visto que los productores y veterinarios que realizan castración están cada vez más conscientes de la necesidad de mitigar el dolor, como lo muestra (Coetzee et al., 2010 citado por Bergamasco et al., 2021), para el 2010 tan solo el 21% de las veces que el veterinario realizó la castración quirúrgica utilizaron métodos de mitigación del dolor, mientras que para los últimos años los veterinarios la utilizaron entre el 32,5% al 47,4 % de las veces (Johnstone et al., 2021, citado por Bergamasco et al., 2021), por otra parte, los productores tan solo reportan en un 13.1% de las veces que realizan castración el uso de técnicas de mitigación del dolor (Bergamasco et al., 2021). Según Canozzi et al. (2022), los veterinarios que realizan estos procedimientos determinaron que la técnica que más dolor causa es la quirúrgica, seguida de la técnica de burdizzo y finalmente inmunocastración como la técnica menos dolorosa aunque no se tiene aún el consenso y puede depender de más factores propios de quien realiza el procedimiento.

Es por esto que buscamos orientar a los profesionales y productores en cuál técnica o método de castración y mitigación del dolor puede ser la más apropiada para disminuir o eliminar la afectación en el bienestar de los mismos, teniendo un procedimiento que pueda ser seguido para que de esta manera se asegure la salud y el bienestar de los animales.

Objetivo principal

Generar un árbol de decisiones que sirva de base para la elección de la técnica de castración más conveniente para la producción, siempre manteniendo las condiciones de salud y un nivel de bienestar más óptimo en el ganado bovino.

Objetivos específicos

- Identificación de las técnicas de castración más utilizadas.
- Analizar el método de minimización del dolor más apropiado.
- Determinar la edad más apropiada para la realización de la castración.
- Establecer un árbol de decisiones con los procedimientos de castración que maximizan la salud y bienestar del ganado bovino.

Metodología

La búsqueda de la información se realizó mediante una revisión sistemática en los motores de búsqueda: Proquest, Science Direct, Google Academic, Springerlink, Scielo y Scopus, utilizando en la búsqueda las palabras clave como: Orquiectomía, dolor, ganado, bienestar, castración, bovino, surgical, rubber ring or Burdizzo clamp, ternero; utilizando como estrategia las siguientes búsquedas:

1. ("Cattle" AND "castration")
2. ("bovinos" OR "Ternero") AND ("Bienestar" OR "bienestar animal") AND ("orquiectomía" OR "Castración" OR "Castrados")
3. ("bovinos" OR "Ganado" OR "Ternero") AND ("Bienestar" OR "bienestar animal") AND ("orquiectomía" OR "Castración" OR "Castrados" OR "Castrar" OR "Elastrado") AND ("cirugía")
4. ("bovinos" OR "Ganado" OR "Terberos") AND ("orquiectomía" OR "Castración" OR "Castrados") AND ("dolor" OR "analgesia" OR "anestesia")
5. ("Cattle" OR "Beef" OR "calve") AND ("Welfare" OR "Animal Welfare") AND ("orchietomy" OR "castration" OR "castrated" OR "rubber ring")
6. ("bovine" OR "Cattle" OR "Beef" OR "calve") AND ("Welfare" OR "Animal Welfare") AND ("orchietomy" OR "castration" OR "castrated" OR "rubber ring") AND ("surgery" OR "surgical procedure")
7. ("bovine" OR "Cattle" OR "Beef" OR "calve") AND ("Orchietomy" OR "Castración" OR "castrated") AND ("pain" OR "analgesia" OR "anesthesia" OR "pain measurement")
8. ("bovine" OR "Cattle" OR "Beef" OR "calve") AND ("orchietomy" OR "castration" OR "castrated" OR "rubber ring")

Los artículos obtenidos de la búsqueda fueron seleccionados o descartados primeramente de acuerdo al título y resumen del artículo, posteriormente se seleccionaron e incluyeron aquellos que aportan a alguno de los objetivos específicos del trabajo de investigación.

Marco teórico

Anestesia y analgesia

Las sustancias disponibles para administrar al ganado para aliviar el dolor asociado con procedimientos dolorosos como la castración incluyen anestésicos locales, medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE), agonistas alfa2 (Coetzee, 2013, citado por Bergamasco et al., 2021). Los anestésicos locales se utilizan para adormecer el dolor agudo, crónico y quirúrgico en todas las especies, estos disminuyen la sensación de dolor al impedir la transmisión de impulsos nerviosos desde el lugar del trauma hasta el cerebro (Saville et al., 2020); estos se pueden utilizar para penetrar en los nervios y bloquear la conducción de impulsos mediante la inhibición de los canales de sodio dependientes de voltaje durante un período de 60 a 120 min, siendo la lidocaína uno de los más utilizados y con un inicio de acción más rápido (5 a 10 min) (Van der Saag et al., 2019).

En un estudio de encuesta publicado en 2010 por Coetzee et al (citado por Bergamasco et al., 2021), muestra que tan solo el 21 % de los veterinarios bovinos informaron que administraban analgesia en el momento de la castración. Johnstone et al. (2021, citado por Bergamasco et al., 2021) nos muestran que entre el 32,5 % y el 47,4 % de los veterinarios utilizan la mitigación del dolor durante la castración quirúrgica y tan solo el 13,1% de los productores utilizaron la mitigación del dolor en terneros de 2 a 12 meses de edad.

El bajo uso de analgésicos en animales de granja se ha atribuido en parte a la falta de métodos para identificar y medir el dolor en animales de granja, además del costo, la conveniencia del tratamiento y las limitaciones reglamentarias (Bergamasco et al., 2021); pero aunque existan estas limitaciones, Marquette et al (2021) indican que siempre es necesario realizar alivio del dolor en cualquier circunstancia, a pesar de creerse que existe poca afectación en el bienestar con alguna de las técnicas.

Van der Saag et al. (2019) nos indican que el uso de lidocaína a dosis de 3 ml por cordón espermático y 3 ml en cada lado del escroto (20 mg/mL) para la castración quirúrgica de terneros, demuestra efectos mínimos durante el procedimiento luego de la administración mediante la técnica utilizada 5 minutos antes de realizar el procedimiento, Melendez et al. (2018, citado por Saville et al., 2020), observaron que las concentraciones de cortisol en la saliva solo eran

significativamente más bajas en los animales inyectados con lidocaína (a dosis de 5 ml por cordón y 20 ml en el escroto) que en los no tratados a la media hora y una hora después de la castración; por otro lado Saville et al. (2020) encontraron que el uso de bandas de elastración cargadas con lidocaína (80 y 200 mg por banda) son capaces de administrar cantidades significativas de lidocaína reduciendo el cortisol en plasma después de media a tres horas y pueden liberar lidocaína en los tejidos del escroto durante al menos siete días, siendo superiores en el control del dolor a través del tiempo respecto a la inyección de lidocaína, pero teniendo como desventaja el encontrar bandas cargadas con lidocaína en el mercado. Van der Saag et al. (2019) no recomiendan el uso de spray tópico congelante para proporcionar anestesia local durante la castración quirúrgica ya que no reduce las respuestas conductuales negativas durante el procedimiento.

Anti inflamatorios no esteroideos (AINE)

Wagner et al. (2021) nos indican que al parecer meloxicam, flunixin ni aspirin muestra resultados buenos o malos, se ve mucha variabilidad en las investigaciones dando variables respuestas de qué sirven o no para mitigar el dolor durante los procedimientos .

El meloxicam es una opción analgésica práctica para los productores gracias a su facilidad de administración y su larga vida media (Meléndez et al., 2018), aunque de acuerdo a Wagner et al. (2021) para el meloxicam existen pocos estudios que demuestren la efectividad de la mitigación del dolor durante y después de la castración. El meloxicam administrado vía oral a dosis de 0.5 mg/kg 1 a 2 horas antes de la castración, tiene la capacidad de reducir algunos comportamientos relacionados con el dolor durante 5 horas después del procedimiento en terneros de carne (Van der Saag et al., 2018b; Van der Saag et al., 2018); por ejemplo Meléndez et al. (2018), nos muestra que los terneros castrados de una semana de edad a los que no se les proporcionó control del dolor tenían mayores concentraciones de Sustancia P (biomarcador de dolor, inflamación y estrés) y frecuencias de sacudidas de la cola 7 días después de la castración en comparación con los que recibieron meloxicam subcutáneo a dosis de 0.5 mg/kg 30 min antes de la castración, aunque no se observó cambio en otros factores fisiológicos y comportamentales. Gellatly et al. (2021) determinaron que el uso de meloxicam subcutáneo a dosis de 0.5 mg/kg en terneros de 2 meses no disminuye los indicadores fisiológicos o conductuales indicadores de dolor en

castración quirúrgica y con caucho respecto a un grupo control, adicionalmente Roberts et al. (2018) indican que la administración de meloxicam durante la castración reduce además, la probabilidad de enfermedades como la enfermedad respiratoria bovina.

Flunixin meglumine es un AINE, ha demostrado que su uso subcutánea a dosis de 2,2 mg/kg 30 min antes, intravenosa a dosis de 1,1 - 2,2 mg/kg los reduce indicadores conductuales y fisiológicos del dolor (Nordi et al., 2019; Webster et al., 2013; Currah et al., 2009). Se ha buscado comprobar los efectos de la flunixin meglumine durante la castración, por medio de la administración transdérmica, evidenciando que el uso transdérmico de este fármaco logró mitigar las concentraciones de cortisol en plasma y la respuesta al estrés durante la castración (Bergamasco et al., 2021; Kleinhenz et al., 2018). Domingues et al. (2019) realizaron castración quirúrgica de acuerdo a las recomendaciones de Webster et al. mediante la combinación de un anestésico local, de bloqueo con lidocaína, a dosis de 7 ml, en cada cordón espermático, y un antiinflamatorio con el principio activo flunixin meglumina, a dosis de 1,1 mg/kg, por vía intramuscular; debido a que se identificó que estos producen menos estrés en el ganado castrado cuando se usaron estos medicamentos, medido por los niveles de la hormona cortisol en la sangre. Wagner et al. (2021) probaron el uso de aspirina, pero no encontraron cambios en los niveles de cortisol con su uso, este se utiliza comúnmente para reducir la fiebre, tratar enfermedades respiratorias y aliviar el dolor de problemas musculares y articulares en el ganado, pero para castración no se encontró cambios fisiológicos favorables.

Castración quirúrgica

La castración quirúrgica es el método más utilizado, pero existen muchas desventajas, esta genera una inflamación posoperatoria considerable, con un potencial considerable de hemorragia, miasis, funiculitis, abscesos y granulomas, acompañados de dolor, ya que es un procedimiento invasivo y depende de los cuidados post operatorios (Yamada et al., 2021; Stafford y Mellor, 2005), es una técnica muy común pero cada vez está perdiendo popularidad (Coetzee et al., 2010, citados por Saville et al., 2020). Además, que durante esta práctica el estrés está presente, incrementando la producción de cortisol, conllevando a la predisposición de enfermedades infecciosas (Bretschneider, 2009).

Domingues et al. (2019) administraron a animales castrados quirúrgicamente flunixin meglumina a dosis de 1,1 mg/kg, el día de la castración, al segundo, cuarto y sexto día después de la castración; encontrando que, la ganancia de peso en los primeros 15 días post cirugía con usos de analgesia y anestesia era menor ($5,32 \pm 1,86$ kg) respecto a aquellos no castrados ($11,57 \pm 1,65$ kg) y se sugiere esto suceda por considerarse un evento traumático para el animal y a el gasto energético de la cicatrización quirúrgica; estos animales mostraron un ritmo cardiaco y frecuencia respiratoria más alto respecto a los no castrados; aunque una vez finalizado el periodo de cicatrización sobre el día 40 post quirúrgico se encontró un aumento de ganancia diaria de peso ($1,10 \pm 0,08$ kg) vs animales no castrados ($0,80 \pm 0,07$ kg) llegando a una ganancia de peso total mayor en los animales castrados quirúrgicamente ($27,70 \pm 2,12$ kg) contra los no castrados ($20,21 \pm 1,88$) debiéndose a un posible crecimiento compensatorio; además, se observó que para el día 40 no había diferencias de FC y FR y se cree que fue por el acostumbramiento de los animales al manejo.

Gellatly et al. (2021) encontraron que los terneros de 2 meses castrados quirúrgica exhibieron más indicadores de dolor agudo, encontrando ausencia de respuestas inflamatorias 2 semanas antes que en los terneros castrados con banda (48 días post procedimiento) y con una mayor sensibilidad al dolor durante las primeras 2 semanas posteriores a la castración quirúrgica.

Castración química

Yamada et al. (2021) nos indican que la aplicación de 15 mL de CaCl_2 al 40% disuelto en dimetilsulfóxido (DMSO) al 0,5 % causo azoospermia pero adicionalmente una necrosis del testículo por lo que se realizó castración quirúrgica al día 60 de realizado el tratamiento, además informaron que con CaCl_2 al 30% provoca edema testicular, orquitis, lesiones cutáneas en el escroto y necrosis testicular. Ruiz et al (2018, citado por Yamada et al., 2021) indican que con el uso de etanol con CaCl_2 hubo edema testicular durante las primeras 48 h, pero esta disminuyó después de 3 semanas, con atrofia testicular después de 60 días, también se indica que una solución hipertónica 20% de NaCl induce atrofia testicular sin inflamación aparente. La inyección de gluconato de zinc es otra alternativa de la castración química, en la cual se aplica 1 mL (100 mg Zn) de una solución de Zn en cada testículo (Ball et al., 2019).

Castración inmunológica

Yamada et al. (2021), Indican que para el día 150 post castración inmunológica hay una reducción de la motilidad $6,4 \% \pm 4.4$, vigor de $0,4 \pm 0,2$, disminuye el riesgo de inflamación y dolor en los toros tratados, se recomienda ya que disminuye la producción de testosterona y el desarrollo testicular, lo que provocó atrofia testicular y azoospermia; Domingues et al. (2019) encontraron en animales inmuno castrados con dosis a los 11 y 12 meses, que en los primeros 15 días post tratamiento la ganancia de peso era menor (7.58 ± 1.71 kg) respecto a aquellos no castrados ($11,57 \pm 1,65$ kg) y se sugiere sea por un posible gasto energético debido la activación del sistema inmune; además encontraron que los animales mantuvieron un ritmo cardiaco y frecuencia respiratoria muy similar respecto a los no castrados. Para el día 40 post tratamiento se encontraron que las FC y FR entre no castrados y castrados eran iguales y la ganancia de peso de aquellos inmuno castrados fue menor ($13,84 \pm 1,95$ kg) respecto a los no castrados ($20,21 \pm 1,88$ kg) e incluso a animales castrados quirúrgicamente ($27,70 \pm 2,12$). Machado et al., (2018) quisieron evaluar la concentración sérica de testosterona y el desempeño de novillos de carne sometidos a castración inmunológica, evidenciando finalmente que la inmunocastración es una buena alternativa para la ganadería actual, ya que reduce los costos y manejo, promoviendo el bienestar animal. Yamada et al. (2021) nos muestran que utilizaron una vacuna llamada Bopriva en toros, evidenciando que fue efectiva hasta al menos 90 días después de la tercera dosis del tratamiento. Los toros fueron efectivamente castrados, en base a reducciones en la motilidad y vigor de los espermatozoides y a su vez en las concentraciones de testosterona en plasma, siendo la técnica más viable comparada con la quirúrgica y la química debido a la facilidad del procedimiento, las bajas complicaciones posteriores al procedimiento, el bienestar y el estrés de los animales y su productividad. Además de las ganancias en producción, Chantler et al (2013) evidenciaron dos beneficios potenciales en la vacuna GnRF Bopriva, un mejor bienestar animal y la inmunocastración evita la creación de una herida evitando el ataque del gusano barrenador, reduciendo los costos en el tratamiento preventivo de las heridas de castración.

Castración con banda/caucho

Marquette et al. (2021) evidencian que el peso corporal en terneros castrados con anillo de goma es menor, durante el tratamiento posquirúrgico, estos mantenían menos tiempo acostados y lamían sus lesiones con mayor frecuencia y mostraron más inflamación escrotal. Por lo que en dicho estudio concluyeron que la castración con anillo de goma es más dolorosa en las semanas siguientes al procedimiento que la castración quirúrgica. Molony et al, 1995 (citado por Saville et al., 2020), indican que este produce un dolor crónico en los animales llegando a durar 42 días; Gellatly et al. (2021) encontraron que los terneros castrados con banda experimentaron dolor a más largo plazo, causando dolor y/o inflamación hasta 62 días después del procedimiento.

En un estudio realizado por Becker et al. (2012), en el que fueron utilizados terneros machos entre los 4 y 6 semanas de edad, se recomienda la aplicación de un anillo, seguido de la extracción del tejido escrotal muerto y el anillo al día 9, ya que es un método que reduce el dolor crónico, el tiempo de curación, requiere poco equipo, tiene éxito y es fácil; por lo tanto debe considerarse como un medio para aumentar el bienestar y la salud animal.

Castración con emasculador (Burdizzo)

Canozzi et al. (2022) indican que la técnica de burdizzo es considerada por los veterinarios como una técnica medianamente dolorosa, siendo la quirúrgica más dolorosa que esta y la inmunocastración como la técnica menos dolorosa, de igual manera King et al. (1991); Molony et al. (1995); Stafford et al. (2002); Stafford y Mellor, (2005); Thuer et al. (2007) (citados por Marquette et al., 2021), indican que es un método de castración recomendado sobre el anillo de goma y la castración quirúrgica debido a la reducción del estrés inducido por este método.

Pang, et al.(2009), realizaron una comparación entre la castración con bandas y con la castración con Burdizzo y evidenciaron que la castración con Burdizzo provocaba una inflamación aguda más grave en los testículos y el epidídimo. Ting, et al. (2003), concluyeron que la castración con Burdizzo aumenta el cortisol plasmático lo que indica que aumenta la respuesta general al estrés asociada con el procedimiento; al realizar la comparación con la lidocaína (anestesia local) y el ketoprofeno, concluyeron que el ketoprofeno a dosis de 3mg/kg es más eficaz reduciendo la respuesta de cortisol que la anestesia local.

Por lo que se recomienda el uso de este fármaco al realizar una castración con Burdizzo para minimizar respuestas conductuales asociadas al dolor durante las primeras 6 horas después del procedimiento. Lambertz et al. (2014), evaluaron los efectos de la castración Burdizzo y el destete (concurrente o consecutiva a la castración) sobre el comportamiento. Encontraron que el destete tuvo un mayor efecto sobre el número de vocalizaciones, aumento de peso diario y comportamiento de caminar, de pie y acostado, en comparación con la castración de Burdizzo. No evidenciaron cambios en el comportamiento al realizar el destete y la castración simultáneamente.

Efecto de la edad

La castración es considerada más dolorosa en terneros mayores, aunque faltan más estudios que evalúen los cambios tanto fisiológicos como comportamentales en función de la edad. Marquette et al. (2021) encontraron que para la castración de Burdizzo en terneros lactantes es preferible que se realicen más jóvenes, desde el punto de vista del bienestar animal, ya que a edades sobre los 5 meses se observa aumento en las posturas anormales, la hinchazón del escroto y una respuesta prolongada de cortisol, lo que sugiere que estos terneros sufrieron más estrés inducido por el manejo y la castración, que los jóvenes. Norring et al. (2017) encontraron que la castración quirúrgica sin manejo de medicamentos en animales jóvenes (0-8 días) mantiene una cicatrización más rápida y ganancias diarias de peso mayores que en aquellos animales más grandes (69-80 días); aunque aquellos animales más jóvenes mostraron inflamación más pronunciada y duradera y con más muestras de dolor; adicionalmente muestran que los terneros más jóvenes estaban habituados al trato humano desde sus primeros días de vida, por lo que tal vez percibieron la moderación y el contacto con nosotros como más benignos que sus contrapartes mayores. Bergamasco et al. (2021) no encontraron diferencias de dolor durante la castración quirúrgica entre 6 semanas, 3 meses y 6 meses, indicando que posiblemente animales jóvenes y viejos “sientan el mismo dolor”.

Machado et al (2018) observaron que el rendimiento y condición corporal de los animales desde el nacimiento hasta el pre-sacrificio no fueron afectados ni por el método ni por la edad de castración. Marti et al. (2017) demostraron que la castración con banda en terneros de 4 meses de edad causa dolor crónico con una duración de 21 días. Es importante mitigar el dolor para mejorar el bienestar

animal especialmente cuando se realiza en terneros mayores de 2 meses de edad.

Efecto en la calidad de la carne

La castración mejora la calidad de la carne en cuanto a su calidad, jugosidad, ternura y sabor (Roberts et al., 2018), aunque la inyección de gluconato de zinc aplicando 1 mL (100 mg Zn) en cada testículo al parecer da poca carne de buena calidad (Ball et al., 2019). Roberts et al., (2018) evidenciaron que el uso de meloxicam oral durante la castración aumentó el grosor de la grasa dorsal y el área del ojo de la costilla; por otro lado Brown et al (2015) informaron que el momento de la castración y la administración de meloxicam no tuvieron efecto sobre las características de la canal.

Chantler et al (2013), quisieron comprobar los efectos de la administración de la vacunación GnRF en la calidad de la carne. Con este estudio no se evidenciaron efectos negativos de la vacunación con GnRF (inmunocastración) sobre los parámetros de la calidad de la canal (pH de la canal, área de la costilla y profundidad de la grasa) o sobre las características de la carne (color de la carne y grasa, pérdida de cocción y ternura), pero no se evidenciaron ventajas en el rendimiento de la inmunocastración. Por otro lado, Cazares et al. (2020) compararon la castración quirúrgica y la inmunocastración al nacimiento en las condiciones de la canal, con la realización de castración quirúrgica a las 24 horas de nacimiento se puede tener animales con mayor peso y con mejores características en la canal que con la inmunocastración.

Conclusiones

Aunque existen múltiples respuestas a las diferentes técnicas y no hay un consenso claro sobre el manejo más adecuado de medicamentos para el manejo de la anestesia y analgesia, dejamos las sugerencias con las que concluimos este artículo y por las cuales basamos el árbol de decisiones que sugerimos seguir, aunque se requiere más estudio al respecto para ajustarlo y mejorar cada vez más el bienestar de los animales.

Como primera medida se debe evaluar si el procedimiento de castración es necesario realizarlo, ya sea por la necesidad de facilidad de manejo en la granja o

exigencias del mercado, de lo contrario se recomienda no realizar la castración y así evitar causarle un estrés innecesario al animal.

Es importante realizar una práctica previa por parte de los profesionales de los procedimientos de castración para generar experticia y reducir el riesgo de afectación del bienestar de los animales castrados, reduciendo así tiempos en el procedimiento y malas maniobras que puedan generar malestar en los animales.

Se requiere que tanto los productores, como los profesionales que realizan los procedimientos conozcan acerca de la identificación del dolor en bovinos ya que se tiene la creencia que ellos no sienten tanto dolor debido a la falta de evaluaciones claras del mismo, siendo necesario que se investigue acerca del tema ya que aún hace falta información al respecto.

Recomendamos que los animales en la medida de lo posible se les realice un habituamiento desde pequeños al manejo, sobre todo en los sitios donde se realizan la mayoría de los procedimientos, como bretes y corrales y así minimizar la respuesta de estrés durante los mismos.

Dentro de las técnicas que de acuerdo a lo encontrado consideramos de menor a mayor dolor sería inmunológica, luego la técnica de Burdizzo, quirúrgica, caucho y finalmente la química; por lo cual, si es necesario realizar la castración se debe evaluar en este orden cuál técnica realizar en el ganado.

La técnica menos invasiva para la realización de la castración es la inmunológica, la cual no requiere la aplicación y uso de analgésicos ni anestésicos aunque si leves manipulaciones, tiene como desventaja el poco mercado de vacunas para el procedimiento.

Para las demás técnicas de castración se requiere el uso de analgésicos por causar dolor agudo y crónico en los animales siendo siempre ideal el uso de anestesia y analgesia antes, durante y después de los procedimientos y de esta manera disminuir las respuestas fisiológicas y comportamentales en respuesta al dolor.

Se recomienda en la castración Burdizzo realizar el procedimiento con previa aplicación de anestesia local con lidocaína 3-7 ml (20mg/ml) al menos 10 minutos antes del procedimiento y analgesia con ketoprofeno (3mg/kg) 20 min antes del procedimiento para disminuir el dolor durante y después del

procedimiento; de no poderse aplicar ketoprofeno, aplicar flunixin meglumina a dosis de 1.1 mg/kg Intramuscular o 1,1 a 2,2 mg/Kg Subcutáneo.

Se recomienda que se realicen las castraciones quirúrgicas en edades más tempranas ya que el proceso de cicatrización va a ser más rápido y el crecimiento de estos no se ve tan afectado, aunque siendo necesario el uso de anestésico local previo a la cirugía aplicando de 3-7 ml de lidocaína (20mg/ml) en ambos cordones espermáticos (de acuerdo a la edad) y si se desea de 10 a 20 ml en escroto al menos 10 minutos antes del procedimiento, aplicar flunixin meglumina a dosis de 1.1 mg/kg intramuscular o 1,1 a 2,2 mg/kg subcutáneo al día 1,2,4 y 6.

La técnica realizada con banda/caucho se recomienda la aplicación de un anillo idealmente impregnado con lidocaína (80 y 200 mg por banda), aplicar flunixin meglumina a dosis de 1.1 mg/kg intramuscular o 1,1 a 2,2 mg/kg subcutáneo al día 1,2,4 y 6; seguido de la extracción del tejido escrotal muerto y el anillo al día 9, ya que es un método que reduce el dolor crónico, el tiempo de curación, requiere poco equipo, tiene éxito y es fácil. Por lo tanto debe considerarse como un medio para aumentar el bienestar y la salud animal.

Se puede utilizar meloxicam de forma oral a dosis de 0.1 a 1 mg/kg para uso de analgesia como alternativa a las propuestas indicadas 1 o 2 horas antes del procedimiento. Con la castración química, recomendamos no realizarla, a menos que no haya alternativa y sea realmente necesaria.

Se requiere continuar en la investigación del uso de medicamentos para la minimización del dolor y respuestas de estrés durante las castraciones; cabe resaltar además que se debe abordar la castración de manera ética y cuidadosa, priorizando el bienestar animal y buscando continuamente formas de mejorar las prácticas y minimizar el dolor y el estrés asociados con estos procedimientos.

Árbol de procesos



Referencias

- Amatayakul-Chantler, S., Hoe, F., Jackson, J. A., Roca, R. O., Stegner, J. E., King, V., Howard, R., Lopez, E., y Walker, J. (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(1), 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.008>
- Anderson, S. L., Miller, L., Gibbons, P., Hunt, J. A., Roberson, J., Raines, J. A., Patterson, G., y Dascanio, J. J. (2021). Development and validation of a bovine castration model and rubric. *Journal of Veterinary Medical Education*, 48(1), 96–104. <https://doi.org/10.3138/jvme.2018-0016>
- Ball, J. J., Kegley, E. B., Lawrence, T. E., Roberts, S. L., Powell, J. G., y Richeson, J. T. (2019). Carcass traits and consumer acceptability of striploin steaks from band-castrated, intratesticular zinc-injected, or sexually intact beef cattle1. *Translational Animal Science*, 3(1), 295–303. <https://doi.org/10.1093/tas/txy093>
- Becker, J., Doherr, M. G., Bruckmaier, R. M., Bodmer, M., Zanolari, P., y Steiner, A. (2012). Acute and chronic pain in calves after different methods of rubber-ring castration. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 194(3), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.04.022>
- Bergamasco, L., Edwards-Callaway, L. N., Bello, N. M., Mijares, S., Cull, C. A., Mosher, R. A., y Coetzee, J. F. (2021). Unmitigated surgical castration in calves of different ages: Electroencephalographic and neurohormonal findings. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(6), 1791. <https://doi.org/10.3390/ani11061791>
- Bergamasco, L., Edwards-Callaway, L. N., Bello, N. M., Mijares, S. H., Cull, C. A., Rugan, S., Mosher, R. A., Gehring, R., y Coetzee, J. F. (2021). Unmitigated surgical castration in calves of different ages: Cortisol concentrations, heart rate variability, and infrared thermography findings. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(9), 2719. <https://doi.org/10.3390/ani11092719>

- Bretschneider, G. (2009). Castración de Terneros: Tradición versus Eficiencia. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(7). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617149011>
- Brown, A. C., Powell, J. G., Kegley, E. B., Gadberry, M. S., Reynolds, J. L., Hughes, H. D., Carroll, J. A., Burdick Sanchez, N. C., Thaxton, Y. V., Backes, E. A., y Richeson, J. T. (2015). Effect of castration timing and oral meloxicam administration on growth performance, inflammation, behavior, and carcass quality of beef calves¹². *Journal of Animal Science*, 93(5), 2460–2470. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8695>
- Buddle, E. A., Bray, H. J., y Ankeny, R. A. (2021). “Of course we care!”: A qualitative exploration of Australian livestock producers’ understandings of farm animal welfare issues. *Journal of Rural Studies*, 83, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.02.024>
- Canozzi, M. E. A., Borges, J. A. R., y Barcellos, J. O. J. (2022). Which factors can influence the perception of pain by veterinarians and animal scientists from Brazil? *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research: Official Journal of: Australian Veterinary Behaviour Interest Group, International Working Dog Breeding Association*, 47, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2021.10.003>
- Canozzi, M. E. A., Mederos, A., Manteca, X., Turner, S., McManus, C., Zago, D., y Barcellos, J. O. J. (2017). A meta-analysis of cortisol concentration, vocalization, and average daily gain associated with castration in beef cattle. *Research in Veterinary Science*, 114, 430–443. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.07.014>
- Cervantes-Cazares, J. A., Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F., Tamayo-Sosa, A. R., Barreras-Serrano, A., Ríos-Rincón, F. G., Sánchez-López, E., García-Reynoso, I. C., Mendoza Peraza, P., León Villanueva, A., y García-Vega, L. A. (2020). Comparación de la castración quirúrgica al nacimiento versus inmunocastración sobre las características de la canal y carne en machos Holstein. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(2), 455–467. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.4885>
- Currah, J. M., Hendrick, S. H., y Stookey, J. M. (2009). The behavioral assessment and alleviation of pain associated with castration in beef calves treated with flunixin meglumine and caudal lidocaine epidural anesthesia with

epinephrine. *The Canadian Veterinary Journal. La Revue Veterinaire Canadienne*, 50(4), 375–382.

Domingues, C. C., Teixeira, O. S., Cattelam, J., Silva, M. B., Moura, A. F., Cardoso, G. S., Brondani, I. L., y Alves Filho, D. C. (2019). Alterações fisiológicas e comportamentais de bovinos de corte após o manejo de castração. *Arquivo brasileiro de medicina veterinaria e zootecnia*, 71(1), 151–159. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10517>

Gaudio, E., Bordin, S., Lora, I., Lora, M., Massignani, M., y De Benedictis, G. M. (2018). Leukocyte coping capacity chemiluminescence as an innovative tool for stress and pain assessment in calves undergoing ring castration1. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1093/jas/sky342>

Gellatly, D., Marti, S., Pajor, E. A., Meléndez, D. M., Moya, D., Janzen, E. D., Yang, X., Milani, M. R. M., y Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2021). Effect of a single subcutaneous injection of meloxicam on chronic indicators of pain and inflammatory responses in 2-month-old knife and band-castrated beef calves housed on pasture. *Livestock Science*, 244(104305), 104305. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104305>

Herbert, C. A., y Trigg, T. E. (2005). Applications of GnRH in the control and management of fertility in female animals. *Animal Reproduction Science*, 88(1–2), 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.05.007>

Kleinhenz, M. D., Van Engen, N. K., Smith, J. S., Gorden, P. J., Ji, J., Wang, C., Perkins, S. C. B., y Coetzee, J. F. (2018). The impact of transdermal flunixin meglumine on biomarkers of pain in calves when administered at the time of surgical castration without local anesthesia. *Livestock Science*, 212, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.03.016>

Lambertz, C., Farke-Röver, A., Moors, E., y Gauly, M. (2015). Effects of castration and weaning conducted concurrently or consecutively on behaviour, blood traits and performance in beef calves. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 9(1), 122–129. <https://doi.org/10.1017/s1751731114002080>

Leoci, R., Aiudi, G., Silvestre, F., Lissner, E. A., Marino, F., y Lacalandra, G. M. (2014). A dose-finding, long-term study on the use of calcium chloride in saline solution as a method of nonsurgical sterilization in dogs: evaluation of

- the most effective concentration with the lowest risk. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56(1). <https://doi.org/10.1186/s13028-014-0063-1>
- Machado, D. S., Alves Filho, D. C., Argenta, F. M., Brondani, I. L., y Martini, A. P. M. (2018). Serum levels of testosterone and performance of surgical or immunocastrated beef steers. *Comunicata Scientiae*, 9(3), 303–311. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i3.2498>
- Marquette, G. A., McGee, M., Fisher, A. D., Stanger, K., y Earley, B. (2021). Effect of age of suckler beef calves on stress indicators and growth performance in response to Burdizzo castration. *Journal of Applied Animal Research*, 49(1), 221–233. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1935266>
- Marti, S., Meléndez, D. M., Pajor, E. A., Moya, D., Heuston, C. E. M., Gellatly, D., Janzen, E. D., y Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2017). Effect of band and knife castration of beef calves on welfare indicators of pain at three relevant industry ages: II. Chronic pain¹. *Journal of Animal Science*, 95(10), 4367–4380. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1763>
- Meléndez, D. M., Marti, S., Pajor, E. A., Moya, D., Gellatly, D., Janzen, E. D., y Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2018). Effect of a single dose of meloxicam prior to band or knife castration in 1-wk-old beef calves: I. Acute pain. *Journal of Animal Science*, 96(4), 1268–1280. <https://doi.org/10.1093/jas/sky034>
- Meléndez, Daniela M., Marti, S., Pajor, E. A., Sidhu, P. K., Gellatly, D., Moya, D., Janzen, E. D., Coetzee, J. F., y Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2018). Effect of meloxicam and lidocaine administered alone or in combination on indicators of pain and distress during and after knife castration in weaned beef calves. *PLoS One*, 13(11), e0207289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207289>
- Nogues, E., von Keyserlingk, M. A. G., y Weary, D. M. (2021). Pain in the weeks following surgical and rubber ring castration in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 104(12), 12881–12886. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20127>
- Nordi, W. M., Marti, S., Gellatly, D., Meléndez, D. M., González, L. A., McAllister, T. A., Fierheller, E. E., Caulkett, N. A., Janzen, E., y Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2019). Effect of preemptive flunixin meglumine and lidocaine on behavioral and physiological indicators of pain post-band and knife

- castration in 6-mo-old beef calves. *Livestock Science*, 230(103838), 103838. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103838>
- Norrington, M., Mintline, E. M., y Tucker, C. B. (2017). The age of surgical castration affects the healing process in beef calves¹. *Translational Animal Science*, 1(3), 358–366. <https://doi.org/10.2527/ta2017.0044>
- Orihuela, A. (2021). Review: Management of livestock behavior to improve welfare and production. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 15(100290), 100290. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100290>
- Pang, W., Earley, B., Sweeney, T., Gath, V., y Crowe, M. A. (2009). Temporal patterns of inflammatory gene expression in local tissues after banding or burdizzo castration in cattle. *BMC Veterinary Research*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/1746-6148-5-36>
- Prunier, A., Bonneau, M., von Borell, E. H., Cinotti, S., Gunn, M., Fredriksen, B., Giersing, M., Morton, D. B., Tuytens, F. A. M., y Velarde, A. (2006). A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Animal Welfare (South Mimms, England)*, 15(3), 277–289. <https://doi.org/10.1017/s0962728600030487>
- R. Huenchullan, P., Vidal, S., Larraín, R., y Saénz, L. (2021). Effectiveness of a new recombinant antiGnRH vaccine for immunocastration in bulls. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(5), 1359. <https://doi.org/10.3390/ani11051359>
- Roberts, S. L., Powell, J. G., Hughes, H. D., y Richeson, J. T. (2018). Effect of castration method and analgesia on inflammation, behavior, growth performance, and carcass traits in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 96(1), 66–75. <https://doi.org/10.1093/jas/skx022>
- Saville, J. W., Ross, J. A., Trefz, T., Schatz, C., Matheson-Bird, H., Ralston, B., Granot, O., Schmid, K., Terry, R., Allan, N. D., Wulff, J. E., y Olson, M. (2020). Development and field validation of lidocaine-loaded castration bands for bovine pain mitigation. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(12), 2363. <https://doi.org/10.3390/ani10122363>

- Stafford, K. J., y Mellor, D. J. (2005). The welfare significance of the castration of cattle: A review. *New Zealand Veterinary Journal*, 53(5), 271–278. <https://doi.org/10.1080/00480169.2005.36560>
- Ting, S. T. L., Earley, B., Hughes, J. M. L., y Crowe, M. A. (2003). Effect of ketoprofen, lidocaine local anesthesia, and combined xylazine and lidocaine caudal epidural anesthesia during castration of beef cattle on stress responses, immunity, growth, and behavior¹. *Journal of Animal Science*, 81(5), 1281–1293. <https://doi.org/10.2527/2003.8151281x>
- Tschoner, T., Mueller, K. R., Zablotzki, Y., & Feist, M. (2024). Pain assessment in cattle by use of numerical rating and visual analogue scales—A systematic review and meta-analysis. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 14(2), 351. <https://doi.org/10.3390/ani14020351>
- Van der Saag, D., Lomax, S., Windsor, P. A., Taylor, C., Thomson, P., Hall, E., y White, P. J. (2018). Effects of topical anaesthetic and buccal meloxicam on average daily gain, behaviour and inflammation of unweaned beef calves following surgical castration. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 12(11), 2373–2381. <https://doi.org/10.1017/s1751731118000216>
- Van der Saag, Dominique, Lomax, S., Windsor, P. A., Hall, E., y White, P. J. (2019). Effect of lignocaine and a topical vapocoolant spray on pain response during surgical castration of beef calves. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 9(4), 126. <https://doi.org/10.3390/ani9040126>
- Van der Saag, Dominique, White, P., Ingram, L., Manning, J., Windsor, P., Thomson, P., y Lomax, S. (2018). Effects of topical anaesthetic and buccal meloxicam treatments on concurrent castration and dehorning of beef calves. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 8(3), 35. <https://doi.org/10.3390/ani8030035>
- Virgen Luján, M. A. (2017). Consideraciones bioéticas sobre el bienestar de bovinos y equinos durante las prácticas quirúrgicas en campo por parte de los estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de la Amazonía. *Revista colombiana de bioética*, 11(2), 139. <https://doi.org/10.18270/rcb.v11i2.1996>
- von Borell, E., Baumgartner, J., Giersing, M., Jäggin, N., Prunier, A., Tuytens, F. A. M., y Edwards, S. A. (2009). Animal welfare implications of surgical

castration and its alternatives in pigs. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 3(11), 1488–1496. <https://doi.org/10.1017/s1751731109004728>

Wagner, B. K., Nixon, E., Robles, I., Baynes, R. E., Coetzee, J. F., y Pairis-Garcia, M. D. (2021). Non-steroidal anti-inflammatory drugs: Pharmacokinetics and mitigation of procedural-pain in cattle. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(2), 282. <https://doi.org/10.3390/ani11020282>

Webster, H. B., Morin, D., Jarrell, V., Shipley, C., Brown, L., Green, A., Wallace, R., y Constable, P. D. (2013). Effects of local anesthesia and flunixin meglumine on the acute cortisol response, behavior, and performance of young dairy calves undergoing surgical castration. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6285–6300. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6238>

Withoef, J. A., Chicocca, M., Santiani, F., Da Costa, L. S., Mateus, K. A., Dos Santos, M. R., Casagrande, R. A., y Cucco, D. D. C. (2019). Anatomopathological evaluation of young bulls (*Bos taurus*) testicles submitted to immunocastration. *Acta scientiae veterinariae*, 47(1). <https://doi.org/10.22456/1679-9216.97771>

Yamada, P. H., Codognoto, V. M., de Ruediger, F. R., Trindade, P. H. E., da Silva, K. M., Rizzoto, G., Maestá, S. A., Ferreira, J. C. P., de Soutello, R. V. G., y Oba, E. (2021). Pain assessment based on facial expression of bulls during castration. *Applied Animal Behaviour Science*, 236(105258), 105258. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105258>

Yamada, P. H., Codognoto, V. M., Rydygier de Ruediger, F., Mayara da Silva, K., Aristizábal, V. V., Kastelic, J. P., Rizzoto, G., Ferreira de Souza, F., Gomes de Soutello, R. V., Mungai Chacur, M. G., y Oba, E. (2021). A comparison of immunological, chemical and surgical castration of Nelore bulls. *Theriogenology*, 169, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.03.021>