



## Comparación entre toretes y novillos de la raza Brahman sobre el crecimiento, rendimiento y la calidad de la carne en un sistema estabulado en el Pacífico Norte de Costa Rica

Comparison between bulls and steers of the Brahman breed on growth, yield and meat quality in a feedlot located in the North Pacific of Costa Rica

Juan Carlos Salas Elizondo<sup>1</sup>, Julio Rodríguez-González<sup>2✉</sup>

### Palabras clave

Brahman, estabulado, toretes, novillos, crecimiento.

### Resumen

Se evaluó el efecto de la condición sexual sobre el crecimiento, la composición de la canal y la calidad de la carne de toretes y novillos de la raza Brahman en un sistema de estabulación. Se evaluó un total de 23 animales seleccionados al azar y divididos en dos tratamientos: T1 con 11 toretes y T2 con 12 novillos castrados al nacer con ligado de escroto. Todos los animales se destetaron a los siete meses de edad y fueron desarrollados y engordados en un sistema estabulado hasta los 443 días. El estudio se realizó en tres etapas: la primera en finca San Julián LTDA ubicada en La Palma, Colorado, Abangares, Guanacaste; la segunda, en la planta de sacrificio el CIISA-Arreo, ubicada en La Rivera de Belén, Heredia y la tercera etapa en el Laboratorio Nacional de la Carne del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH). La ganancia de peso diario y peso final en finca resultaron estadísticamente diferentes y mayores para T1, debido posiblemente al efecto de la testosterona. El peso pie planta, peso de canal caliente y fría resultó estadísticamente superior para T1, mientras que el rendimiento pie a canal fue superior y estadísticamente diferente en el T2. El área del ojo del lomo (AOL) fue superior en T1. El espesor de la grasa dorsal, largo de canal, merma de canal caliente a frío y pH muscular a las 24 horas *post mortem* no presentaron diferencias entre tratamientos. T1 fue estadísticamente superior en cuanto al porcentaje de carne vendible y hueso; mientras que el T2 presentó más grasa. Para la fuerza de corte evaluada en el músculo *Longissimus dorsi* a los 14 días de maduración en húmedo, las pérdidas de cocción y el color del músculo (L, a \*, b \*) no hubo diferencias entre ambos tratamientos, aunque sí en pérdida de líquido o sinéresis, siendo superior en el T1.

### Key words

Brahman, feedlot, bullock, steers, growth.

### Abstract

The present research evaluated the effect of sexual condition on the growth performance, carcass composition and beef quality of Brahman breed bullocks and steers in feedlot. Twenty-three animals were evaluated, these were randomly selected and divided in two treatments, T1: 11 bullocks and T2: 12 steer's scrotal band castrated at birth. All animals were weaned at seven months of age and were finished in a feedlot at the age of 443 days. The study was conducted in three stages: the first one was carried out at San Julian beef cattle ranch in Guanacaste province, in the Pacific North of Costa Rica; the second one at the CIISA-Arreo packing plant, located in La Rivera, Belén, Heredia; and the third one was at the National Meat Laboratory, property of the Center for Research and Development in Sustainable Agriculture for Humid Tropic (CIDASTH). Average daily gain and growth (final farm weight) were statistically different and greater for T1, that might be associated with the effect of testosterone. Final packing plant weight, hot and cold carcass weight were statistically higher for T1, while the dressing percentage was greater and statistically different for T2. On the ribeye area (REA), T1 was greater and statistically different compared to T2. Fat thickness, carcass length, decrease of hot to cold carcass and muscular pH at 24 hours were no different among treatments. Shear force measured on the *Longissimus dorsi* at 14 days of wet aging, cooking loss and muscle color ((L, a \*, b \*) were no different among treatments; however, T1 had more purge loss than T2.

Recibido: 5 de diciembre del 2019

Aceptado: 5 de marzo del 2020

Publicado: 20 mayo del 2020

DOI: 10.18860/rath.v2i2.5195

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo. [juancaseag@gmail.com](mailto:juancaseag@gmail.com)

<sup>2</sup> Profesor. Escuela de Agronomía, ITCR. [jurodriguez@itcr.ac.cr](mailto:jurodriguez@itcr.ac.cr)

## Introducción

En Costa Rica la castración de los machos bovinos para la producción de carne es poco usual: se castra cerca de un 2,2% de los machos, de acuerdo con datos de CORFOGA [1], debido a que el mercado está orientado al pago por volumen, más que por características asociadas a calidad. En este sentido, se han realizado algunas investigaciones evaluando desempeño y calidad de la carne entre bovinos castrados y enteros en planes nutricionales medio o bajo, o sea, en pastoreo [2]-[6]; sin embargo, no se ha estudiado el efecto de esta práctica en un plan nutricional alto como la estabulación. Se ha demostrado y aceptado que los machos enteros con buena nutrición crecen más rápido y son más eficientes, además producen menos grasa en sus canales que los machos castrados [7], [8].

Las diferencias en producción de carne entre toretes y novillos (condición sexual) se expresan principalmente después de la pubertad a los catorce meses de edad en promedio, donde se presenta la acción anabólica de los andrógenos, especialmente la testosterona, que influye en la ganancia diaria de peso promedio, superior hasta 15% en los toretes en comparación con los novillos [9]. Lunstra *et al.* [10] evaluaron las concentraciones de testosterona en toros de diversas razas, encontrando que en promedio los toros incrementan de forma lineal esta hormona entre los siete y trece meses de edad.

Las características cualitativas de la carne están influenciadas por factores como condición sexual del animal, edad, alimentación y reserva de glucógeno, entre otros. Estos influyen directamente sobre características organolépticas; sin embargo, la calidad de la carne no se puede atribuir únicamente a esas características ya que también intervienen procesos pre- y post- faena que pueden afectar directamente sus características sin importar que el animal cumpliera con un buen desarrollo en vida [11]. Peluffo y Monteiro [12] aseveran que la terneza, el sabor y la jugosidad forman parte de la calidad sensorial de la carne, estableciendo variaciones en la palatabilidad.

Lograr producir un producto de calidad con el mayor rendimiento posible resultará beneficioso para el productor, la industria y el consumidor. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de la carne de novillos y toretes Brahman de quince meses de edad en confinamiento, bajo condiciones tropicales en el Pacífico Norte de Costa Rica.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en tres etapas: la primera se desarrolló en finca San Julián LTDA, la cual se ubica en La Palma, Colorado de Abangares, Guanacaste (10°14'29.6" N y 85°03'16.4" O) a una altitud media de 16 msnm. Según datos de la Estación Meteorológica de Colorado, en este sitio se presenta una temperatura promedio de 28,8°C, una humedad relativa máxima del 98% y una precipitación media anual de 1136 mm.

La segunda fase, cosecha y deshuese, se realizó en la planta de sacrificio el CIISA-Arreo, ubicada en La Rivera de Belén, Heredia; y la última etapa se realizó en el Laboratorio Nacional de la Carne del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH), de la Escuela de Agronomía del Campus Tecnológico Local San Carlos.

El periodo del estudio abarcó desde junio de 2017 a febrero de 2018. En total se consideró una población de 24 animales bovinos. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos: T1 (toretos, machos sin castrar) y T2 (novillos, machos castrados), con 11 y 12 unidades experimentales respectivamente. Durante el estudio, un animal del grupo de los toretes se descartó por fractura. La castración se realizó entre el primer y cuarto día de nacidos, con el método de banda elástica en el escroto.

Los dos grupos de animales se destetaron a los siete meses de edad y se trasladaron al sistema de estabulado o feedlot directamente. Se utilizaron cuatro corrales, a razón de seis animales por corral, a cielo abierto con comederos techados y su respectivo bebedero con agua *ad libitum*. La composición de la dieta proveída se presenta en el Cuadro 1, ofrecida en una ración diaria en horas de la mañana.

**Cuadro 1.** Composición nutricional de la dieta utilizada durante el proceso de engorde del hato de machos Brahman evaluados. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Table 1.** Nutritional composition of the diet used during the finishing process of the Brahman male herd evaluated. San Julián farm, Pacific North of Costa Rica, 2017.

Variable	Peso del animal (kg)		
	220 – 280	280 – 400	400 – 520
Proteína cruda (% MS)	12,2	11,5	10,9
Energía digestible (kcal/kg MS)	2649	2630	2597
Fibra neutro detergente (%)	47,6	44,5	53,9
Materia seca (kg)	7,98	9,76	10,62
Consumo animal (kg)	13	20	26

Al destete (proceso de pasar de la alimentación de leche materna a una dieta con otros alimentos), se pesó el animal en Kg y se determinó su edad. Este valor se estandarizó en todos los animales a los 205 días.

Mes a mes se registró el peso de cada animal en ayuno y a la misma hora para mantener consistencia en el proceso. El peso obtenido por cada animal se comparó con el del mes anterior, para calcular la ganancia de peso neta de cada mes. Para determinar la ganancia de peso diario del total del período, se registró el peso de los animales desde su ingreso al estabulado hasta su salida a la planta de cosecha. Para el pesaje se utilizó una balanza electrónica (Tru - Test® XHD2).

Una vez alcanzada la edad de sacrificio los animales se transportaron a la planta de cosecha, donde una vez ingresados, se respetó el periodo de reposo de al menos seis horas previas al sacrificio. Para determinar el peso en pie en planta (PPP) se pesó cada animal con una balanza electrónica ubicada en la zona *ante mortem* de la planta de cosecha.

Los animales se aturdieron con un perno cautivo penetrante; unos 30 segundos después se degollaron cortando la arteria carótida y vena aorta, se aplicó estimulación eléctrica (JARVIS, BV-80) durante 20s × 0,25A para facilitar el

desangrado, se removieron extremidades, cabeza, cuero y se evisceraron. Se separó la canal en dos mitades con un corte longitudinal desde la primera vértebra cervical, pasando a través de la médula espinal y hasta el hueso sacro, se pesó ambas mitades (kg) con una balanza electrónica para obtener el peso de la canal caliente (PCC). Se determinó el rendimiento pie/canal (%) por cada animal.

El grado muscular se determinó visualmente mediante su comparación con una guía fotografía del sistema de clasificación de canales de la Corporación Ganadera [13]. Esta clasificación incluye cuatro valores: 1) perfiles convexos, lomos prominentes, costillar carnoso, buena amplitud muscular; 2) perfiles rectilíneos, menor amplitud, se puede presentar ligeramente marcado de las costillas caudales; 3) perfiles cóncavos, con poca amplitud, huesos del costillar visibles y 4) perfiles ultra cóncavos, escaza amplitud, canales descarnadas.

El grosor de grasa de cobertura se determinó visualmente comparando la variable con la guía fotografía del sistema de clasificación de canales [13]. La anterior describe tres valores: 1) sin presencia de grasa o capa ligera muy delgada; 2) grasa parcialmente distribuida en la canal con un grosor <1 cm y 3) grasa distribuida uniformemente con un grosor >1 cm.

El color de la grasa se determinó visualmente mediante la comparación con la guía fotografía del sistema de clasificación de canales [13], según se explica a continuación: 1) grasa blanca-rosada, 2) grasa color crema-amarilla; y 3) grasa amarilla intenso.

La canal se inspeccionó, lavó y pesó en caliente para su posterior baño con ácido peracético y almacenaje en cámara de frío hasta su deshuese.

Previo al deshuese, 24 horas *post mortem*, se evaluó el largo de la canal medida con una cinta métrica metálica desde el extremo caudal de la sínfisis púbica hasta el extremo craneal de la primera estérnebra. Posteriormente, se realizó un corte transversal entre la doceava y treceava costilla, de manera que el músculo *Longissimus dorsi lumborum* (LD) quedara expuesto para registrar el grosor del tejido adiposo medido en las tres cuartas partes de la cara dorsal del músculo, utilizando una regla graduada en milímetros (USDA) [14]. Para la medición del área del ojo del lomo (AOL) (cm<sup>2</sup>) se superpuso una plantilla cuadrículada [14] sobre el LD.

Finalmente se registró el pH y temperatura transcurridas 24 horas *post mortem*, utilizando el pH-metro (HANNA-HI99163). Previamente a realizar la medición se calibró el potenciómetro con sustancias buffer pH 4,1 y pH 7,1. Para realizar la medición se introdujo tres veces el electrodo especial para carne con punta de acero inoxidable de manera perpendicular al músculo LD, los valores fueron promediados por canal.

Previo al deshuese se pesó la canal (peso de la canal fría) y el peso correspondiente a la media canal (izquierda) en kilogramos a las 24 horas luego de permanecer en la cámara de frío a una temperatura de 10 °C, esto permitió determinar la merma de caliente a frío por diferencia de peso. Seguidamente la media canal izquierda se deshuesó completamente, separando tejido muscular, óseo y grasa. En una balanza digital se registró el peso (kg) de los músculos o cortes comerciales, el hueso y el sebo, lo que permitió estimar la composición de tejidos y el rendimiento cárnico o carne vendible. Se extrajo una muestra (0,5 kg) del músculo LD de cada media canal

para pruebas de calidad de la carne en la última fase. Las mismas se identificaron, empacaron al vacío y se trasladaron en frío al Laboratorio Nacional de la Carne del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH), de la Escuela de Agronomía del Campus Tecnológico Local San Carlos.

Al ingresar al laboratorio se pesó cada muestra en una balanza electrónica (CAMRY, EK5055) y se colocaron en un refrigerador (Thermo Fisher Scientific, REL4504A22) a 2°C, para su maduración en húmedo por 14 días. Una vez cumplido ese período, se removió el empaque de vacío y se calculó la sinéresis o pérdida de líquido durante por diferencia de peso entre la carne, el líquido y bolsa plástica.

Para la determinación del color del músculo LD, las piezas de carne fueron expuestas al ambiente durante 15 minutos. El color se evaluó con un espectrofotómetro (Hunter Lab MiniScam Ez- 45/0 LAV), previamente calibrado como lo establece el manual del fabricante. Se colocó la pantalla del instrumento en tres posiciones diferentes sobre el músculo y se promedió entre las lecturas. Los valores obtenidos representaron el brillo (L\*=0 más oscuro, L\*=100 más blanco); a\* espectro rojo/verde (valores negativos=verde y valores positivos=rojo); y el b\* espectro azul/amarillo (valores negativos=azul y valores positivos=amarillo).

Las piezas de carne fueron cocidas siguiendo el protocolo de AMSA [15] en un horno (Vulcan-Hart Co.) precalentado a 163°C. La temperatura se monitoreó con termocuplas tipo T insertadas en el centro geométrico de las piezas de carne y conectadas a un grabador de temperaturas (692-0000 Benchtop, Barrington). Cuando la pieza de carne alcanzó una temperatura interna de 50°C se volteó hasta alcanzar una temperatura final de 71°C. Pasado el proceso de cocción, se pesó (g) y por diferencial de los valores se determinó la pérdida por cocción (%).

Para la fuerza de corte se utilizó el protocolo de AMSA [15]. Cada pieza cocida se dejó reposar hasta alcanzar una temperatura ambiente y se extrajeron ocho cilindros con un taladro (DeWalt

107) con un diámetro de 1,27 cm y orientados en paralelo a la fibra del músculo. Cada uno de los cilindros se colocó y trozó de forma perpendicular a la orientación de la fibra muscular [15], utilizando una máquina especial Dillon/Quality Plus Inc) con una cuchilla Warner-Bratzler en forma de V (G-H Manufacturing CO.).

Para el análisis de datos se realizó estadística descriptiva (media, error estándar y límites de confianza) para cada variable y tratamiento. Se realizó un análisis de varianza con modelos lineales generales y mixtos (MLMix) para determinar el efecto entre tratamientos y la prueba de comparación múltiple LSD-Fisher para identificar diferencias entre tratamientos. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico InfoStat/P [16] a un nivel de significancia de 0,05.

## Resultados y discusión

### Crecimiento de los toretes y novillos

En el Cuadro 2 se detallan los valores de las variables de crecimiento de toretes y novillos. El peso al destete no mostró efecto de tratamiento ( $p > 0,4011$ ), resultados similares considerando la condición sexual, han sido reportados por Cardona [3] y Alvarado [5].

Durante todo el periodo de evaluación se reportaron ganancias de peso diarias (GPD) y peso final significativamente mayores ( $p = 0,0190$  y  $p = 0,0049$ ) en los toretes. Estos resultados no concuerdan con los de Galo *et al.* [17], quienes no reportan diferencias en la GPD de toretes y novillos de 16 meses de edad en estabulación. Otros autores coinciden en que la testosterona presente en el animal entero, mejora la eficiencia de ganancia de peso debido a mecanismos fisiológicos que maximizan la deposición de músculo en el animal [18]-[20].

### Variables cualitativas en la canal

La conformación muscular de las canales resultó con un perfil muscular rectilíneo con amplitud en ambos cuartos posteriores, además la región del lomo y la región del costillar en apariencia rellenas (grado 2) no mostraron diferencias entre

tratamientos ( $X^2$ ,  $p = 0,6471$ ), lo cual podría ser un indicador de buen rendimiento cárnico. La grasa de cobertura clasificó como grado 2, distribuida en toda la canal y no excedió en 1 cm de grosor, tampoco se identificaron diferencias entre el de animal ( $X^2$ ,  $p = 0,5134$ ). Todos los canales evaluados presentaron color de la grasa de blanca a rosácea (grado 1).

Según Venkata *et al.* [20] toretes, novillos y vacas alimentadas con una dieta de maíz presentaron mejor grado muscular que animales alimentados a base de pastura. Zimerman [21] indica que el grado de cobertura de grasa puede depender de varios factores como la precocidad y rusticidad, mientras que Gallo *et al.* [22] reportaron que además de la condición sexual y la raza, la edad influye significativamente sobre la variable. Morao y Rügger [23] mencionan que la deposición de grasa es muy lenta y costosa energéticamente en comparación con la producción de músculo. A partir de lo anterior se esperaría que, si los animales permanecieran más tiempo en confinamiento, la deposición de grasa sería mayor en los novillos y la producción de músculo mayor en los toretes.

El color de la grasa se afecta principalmente por la absorción de carotenoides ( $\beta$ -carotenos y luteína) y derivados de la hemoglobina, especialmente en animales bajo condiciones de pastoreo [24], con forrajes que contienen altos contenidos de carotenos [25]. Dichos compuestos tienden a depositarse en el tejido adiposo, lo cual genera una coloración amarillenta; lo anterior podría responder a la coloración blanca-rosácea de los animales del presente estudio, que no estuvieron en pastoreo, por ser animales relativamente jóvenes y tener una dieta alta en granos.

### Variables cuantitativas en la canal

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de las variables de cosecha en planta de matanza que fueron consideradas en el estudio. Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en todas las variables de cosecha excepto en el porcentaje de merma de canal caliente a canal fría, el peso de media canal fría, largo de la canal y espesor de grasa dorsal.

**Cuadro 2.** Valores de crecimiento en finca de toretes y novillos Brahman evaluados. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Table 2.** Growth values on ranch of Brahman bullocks and steers evaluated. San Julián farm, North Pacific of Costa Rica, 2017.

Variables	Toretos				Novillos			
	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>
Edad destete (días)	207,36 <sup>a</sup>	12,68	179,21	235,00	201,75 <sup>a</sup>	14,77	169,00	234,54
Peso destete a j 205 días (kg)	221,00 <sup>a</sup>	6,43	208,43	233,62	217,00 <sup>a</sup>	7,95	201,02	232,16
Peso final pie en finca (kg)	512,45 <sup>a</sup>	12,65	487,65	537,25	456,83 <sup>b</sup>	12,26	412,55	460,61
GPD <sup>1</sup> (kg/animal/día)	1,18 <sup>a</sup>	0,03	1,12	1,23	1,07 <sup>b</sup>	0,03	1,01	1,13
Edad de cosecha en finca (días)	443,00 <sup>a</sup>	6,33	487,86	460,90	444,00 <sup>a</sup>	7,80	427,00	459,00

EE = Error estándar. LC<sub>i</sub> = límite inferior y LC<sub>s</sub> = límite superior. GPD= ganancia de peso diaria. Peso destete ajustado a los 205 días. Medias con letra diferente poseen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 3.** Resultados en las variables de cosecha de toretes y novillos Brahman evaluados. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Table 3.** Abattoir variable values of Brahman bullocks and steers evaluated. San Julian farm, Pacific North of Costa Rica, 2017.

Variables	Toretos				Novillos			
	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>
Peso pie planta (kg) (PPP)	472,73 <sup>a</sup>	11,62	446,93	498,53	427,09 <sup>b</sup>	9,17	406,73	447,45
Peso canal caliente (kg) (PCC)	276,82 <sup>a</sup>	6,10	263,28	290,36	258,50 <sup>b</sup>	5,98	245,23	271,77
Rendimiento pie canal (%)	58,56 <sup>b</sup>	0,34	57,89	59,39	60,53 <sup>a</sup>	0,49	59,45	61,64
Peso cuero (kg)	48,55 <sup>a</sup>	1,59	45,01	52,08	40,18 <sup>b</sup>	1,27	37,36	43,00
Peso canal fría (kg) (PCF)	271,15 <sup>a</sup>	5,98	257,88	284,43	253,01 <sup>b</sup>	5,87	239,97	266,05
Merma canal caliente a frío (%)	2,05 <sup>a</sup>	0,15	2,37	1,72	2,13 <sup>a</sup>	0,07	2,27	1,98
Peso media canal fría (kg)	137,04 <sup>a</sup>	3,06	130,25	143,82	128,95 <sup>a</sup>	3,02	122,25	135,64
Largo de canal (cm)	152,82 <sup>a</sup>	1,44	149,61	156,03	151,00 <sup>a</sup>	1,29	148,13	153,87
Área de ojo del lomo AOL (cm <sup>2</sup> )	71,66 <sup>a</sup>	1,45	68,44	74,87	61,34 <sup>b</sup>	2,37	56,07	66,60
Espesor de grasa dorsal (mm)	3,00 <sup>a</sup>	0,30	2,30	3,80	4,00 <sup>a</sup>	0,70	2,50	5,60
pH muscular (24 hrs)	5,39 <sup>b</sup>	0,04	5,31	5,48	5,91 <sup>a</sup>	0,03	5,83	5,98

EE = Error estándar. LC<sub>i</sub> = límite inferior y LC<sub>s</sub> = límite superior. Medias con letra diferente poseen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Diversos autores [3], [26]-[27] indican diferencias significativas entre toretes y novillos para una o varias de las variables de peso en la cosecha (PPP, PCC y PCF), favoreciendo a los toretes. Sin embargo, Rodríguez [2] reporta valores que no presentan diferencias significativas para

esas variables, debido posiblemente al plan nutricional de alimentación de los animales en condiciones de pastoreo con limitaciones en proteína.

Los testículos producen andrógenos y estrógenos que promueven el crecimiento muscular al

incrementar la retención de nitrógeno, lo que influencia el rendimiento pie canal, siempre y cuando la dieta suministrada no sea deficiente en energía y proteína [2]. En general, los toretes tienen menor rendimiento en canal, más músculo, menos grasa y mayor rendimiento cárnico en condiciones de una proporción de hueso similar, en comparación a los novillos [2]. Sin embargo, Paniagua y Ocampos [28] y Ocampos [19] sostienen que el rendimiento está influenciado por la raza, edad y tipo de dieta y no se puede omitir el efecto anabólico que se genera en animales enteros y en las canales.

Prado *et al.* [26] indicaron diferencias significativas en el AOL entre toretes y novillos alimentados en confinamiento, mientras que Aricetty *et al.* [29] no las encontraron entre toretes y novillos en un sistema de alimentación a base de pasto. Las canales que presentan mayor AOL provienen de animales con un mayor grado de desarrollo muscular [4]. Según Velásquez *et al.* [30], este es un factor que se puede tener en cuenta en aquellos programas de mejoramiento genético que buscan incrementar el valor cárnico de los animales, ya que una mayor AOL está correlacionada con un mayor peso de cortes de primera calidad.

De acuerdo con Rubio *et al.* [31], los valores alcanzados en este estudio para el porcentaje de merma de canal caliente a canal fría están dentro de un rango aceptable (1-2% después de 24 horas de refrigeración a 4-5°C).

Al igual que Rodríguez [2] y Prado *et al.* [26] en este estudio no se reportaron diferencias significativas respecto al peso de media canal y al largo de la canal. Velásquez *et al.* [30] indican que el largo de la canal puede relacionarse con el total de carne aprovechable, al encontrar un porcentaje de los cuartos traseros superior en canales más largas, lo cual da un aporte importante al rendimiento carnicero.

Rodríguez [4] y Jiménez *et al.* [32] señalan una influencia genética y alimenticia importante sobre el espesor de la grasa dorsal en animales de raza Brahman. En el presente estudio se encontraron medias más altas en esta variable en los novillos, aunque sin diferencias estadísticamente

significativas ( $p = 0,2046$ ), similar a los hallazgos de Rodríguez [2] y Rodríguez [4]. Por su parte, Prado *et al.* [26] con animales en confinamiento y Aricetty *et al.* [29] con animales en pasturas, encontraron medias significativamente más altas en el espesor de la grasa de novillos, que podría atribuirse a la baja producción de testosterona en este tipo de animal. Por otra parte, el grosor de la grasa dorsal tiene influencia en el acortamiento de fibras por el frío (*cold shortening*), lo que podría influir en la terneza y calidad de la carne pues cuanto mayor grosor de grasa posea una canal, menores son las posibilidades del acortamiento por el frío, el cual se produce al haber un rápido descenso de temperatura interna de la canal (menos de 10°C) [33].

El pH determinado 24 horas *post mortem* presentó diferencias entre el tipo de animal, con valores más altos en los novillos. El pH de las reses 24 horas *post mortem* debe encontrarse entre 5,3 y 5,7, valores superiores a 6 afectan negativamente las cualidades organolépticas de la carne [34]. Contrario a los resultados de este estudio, Zimmerman [21] menciona que es típico encontrar menores niveles de pH en los novillos, debido a que los toretes son más bravíos, por lo tanto, durante un esfuerzo intenso se da un aumento de la concentración de lactatos que sobrepasan la disponibilidad de oxígeno en sangre, lo cual desencadena una alta producción de ácido láctico que genera una acidificación abrupta [35]-[36]. Por su parte, Destefanis *et al.* [37] no reportaron diferencias estadísticas entre animales intactos (pH 5,54), animales con castración temprana (pH 5,50) y animales con castración tardía (pH 5,50).

Antes de alcanzar el *rigor mortis* la curva de pH influye sobre la calidad de la carne debido a que una glucogenólisis rápida genera carnes pálidas, suaves y exudativas y la glucogenólisis lenta genera carnes oscuras, firmes y secas. Los mismos autores mencionan que el estrés generado *pre mortem*, principalmente ocasionado por transporte y ayuno, son agentes que causan cambios bruscos del pH; sin embargo, con buenas prácticas en el trato *ante mortem* se pueden lograr cambios más lentos en el descenso del pH, siendo este manejo de

suma importancia ya que cualquier situación de estrés antes del sacrificio se podría manifestar en un pH final sobre 6, afectando directamente la calidad de la carne. Otro aspecto que modifica el pH es el ritmo de enfriamiento de las canales, pues la actividad de las enzimas depende de la temperatura, valor que se puede minimizar realizando una adecuada transición de la zona caliente a la zona fría [21].

### Composición de la canal y de la media canal

Como se observa en el Cuadro 4, hubo diferencias significativas entre los tipos de animal en la carne vendible, hueso, con medias mayores en los toretes y en grasa y la relación hueso/grasa con valores mayores en novillos.

Rodríguez [2] no encontró diferencias entre toretes y novillos bajo sistema de pastoreo en cuanto a carne vendible; aunque sí para hueso y grasa ( $p < 0,05$ ).

Las relaciones entre porción comestible / hueso y carne vendible / hueso mostraron una mayor proporción (más de cuatro veces) con respecto al hueso. La relación grasa / hueso mostró

diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) entre tipo de animal, con una proporción cuatro veces más alta de hueso en relación a la grasa en toretes, mientras que en los novillos fue el doble.

En el Cuadro 5 se muestran los valores de la composición de la media canal. En la mayoría de casos los toretes presentaron valores de producción de carne mayores, aunque en algunos de ellos, sin diferencias estadísticas entre ambos grupos ( $p \geq 0,05$ ). Rodríguez [2] encontró en toretes y novillos en pastoreo sacrificados a los 26 meses de edad, que el costillar tuvo una diferencia del 16%, el lomo del 4%, el cuarto trasero del 44%, el cuarto delantero del 20% y el recorte (BSCH) del 16%.

### Calidad de la carne a los 14 días de maduración

Como se observa en el Cuadro 6, no se evidenció diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre toretes y novillos en sistema de estabulado, en las variables de calidad medidas en el músculo LD a catorce días de maduración, excepto para la sinéresis ( $p = 0,0012$ ) con una media superior en los toretes.

**Cuadro 4.** Composición de la canal y relación tisular obtenida de los toretes y novillos Brahman evaluados. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Table 4.** Carcass composition and tissue relationship between Brahman bullocks and steers evaluated. San Julián farm, North Pacific of Costa Rica, 2017.

Variables	Toretos				Novillos			
	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>
Carne vendible (Kg)	107,00 <sup>a</sup>	2,46	101,57	112,48	95,20 <sup>b</sup>	2,34	89,97	100,37
Carne vendible / Total (%)	78,00 <sup>a</sup>	0,29	77,43	78,57	73,94 <sup>b</sup>	0,52	72,92	74,96
Hueso (kg)	24,30 <sup>a</sup>	0,41	23,35	25,18	22,40 <sup>b</sup>	0,53	21,22	23,55
Hueso / Total (%)	17,72 <sup>a</sup>	0,22	17,30	18,14	17,41 <sup>a</sup>	0,29	16,84	17,99
Grasa (Kg)	5,91 <sup>b</sup>	0,59	4,60	7,22	11,14 <sup>a</sup>	0,71	9,56	12,73
Grasa / Total (%)	4,28 <sup>b</sup>	0,39	3,53	5,04	8,65 <sup>a</sup>	0,53	7,62	9,68
Porción comestible / hueso	4,65 <sup>a</sup>	0,07	4,50	4,80	4,76 <sup>a</sup>	0,10	4,55	4,97
Carne vendible / hueso	4,41 <sup>a</sup>	0,05	4,29	4,53	4,26 <sup>a</sup>	0,08	4,07	4,45
Grasa/ hueso	0,24 <sup>b</sup>	0,02	0,19	0,30	0,50 <sup>a</sup>	0,50	0,03	0,43

EE = Error estándar. LC<sub>i</sub> = límite inferior y LC<sub>s</sub> = límite superior. Carne vendible = carne total para consumo. Porción comestible = Carne aprovechable + Grasa. Medias con letra diferente poseen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 5.** Carne vendible en media canal según la sección del cuerpo en toretes y novillos Brahman evaluada. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Table 5.** Salable meat in half carcass according to the body section of the Brahman bulls and steers evaluated. San Julián farm, North Pacific of Costa Rica, 2017.

Sección	Corte	Torettes			Novillos		
		Peso kg	EE	% canal	Peso kg	EE	% canal
Lomo	Lomito	1,88 <sup>a</sup>	0,04	1,4	1,79 <sup>a</sup>	0,07	1,4
	Lomo ancho	3,97 <sup>a</sup>	0,16	2,9	3,65 <sup>a</sup>	0,15	2,8
	Cola de lomo	2,34 <sup>a</sup>	0,10	1,7	2,23 <sup>a</sup>	0,06	1,7
	Lomo de aguja	1,06 <sup>a</sup>	0,05	0,8	1,03 <sup>a</sup>	0,05	0,8
	Subtotal lomo	9,25 <sup>a</sup>	0,25	6,7	8,69 <sup>a</sup>	0,24	6,8
Cuarto trasero	Bolita	5,23 <sup>a</sup>	0,12	3,8	4,80 <sup>b</sup>	0,14	3,7
	Vuelta de lomo	4,06 <sup>a</sup>	0,09	3,0	3,40 <sup>b</sup>	0,11	2,6
	Mano de piedra	2,38 <sup>a</sup>	0,08	1,7	2,02 <sup>b</sup>	0,08	1,6
	Posta de cuarto	8,79 <sup>a</sup>	0,15	6,4	8,48 <sup>a</sup>	0,29	6,6
	Solomo	5,77 <sup>a</sup>	0,15	4,2	5,36 <sup>a</sup>	0,17	4,2
	Punta de solomo	1,16 <sup>a</sup>	0,03	0,8	1,23 <sup>a</sup>	0,04	1,0
	Cacho de vuelta de lomo	1,23 <sup>a</sup>	0,05	0,9	1,25 <sup>a</sup>	0,05	1,0
	Ratón campana	1,93 <sup>a</sup>	0,07	1,4	1,98 <sup>a</sup>	0,07	1,5
	Rabo	1,37 <sup>a</sup>	0,06	1,0	1,32 <sup>a</sup>	0,05	1,0
Subtotal cuarto trasero	31,92 <sup>a</sup>	0,67	23,3	29,83 <sup>a</sup>	0,81	23,2	
Cuarto delantero	Cacho de paleta	1,47 <sup>a</sup>	0,04	1,1	1,35 <sup>b</sup>	0,04	1,0
	Lomo de paleta	1,97 <sup>a</sup>	0,07	1,4	1,85 <sup>a</sup>	0,06	1,4
	Lomo de pescuezo	1,47 <sup>a</sup>	0,07	1,1	1,29 <sup>b</sup>	0,04	1,0
	Paleta	3,36 <sup>a</sup>	0,37	2,4	3,22 <sup>a</sup>	0,08	2,5
	Pecho	4,30 <sup>a</sup>	0,18	3,1	4,18 <sup>a</sup>	0,17	3,2
	Quititeña	3,90 <sup>a</sup>	0,18	2,8	3,35 <sup>b</sup>	0,11	2,6
	Ratones	5,97 <sup>a</sup>	0,31	4,4	4,05 <sup>b</sup>	0,28	3,1
	Subtotal cuarto delantero	22,45 <sup>a</sup>	0,69	16,4	19,28 <sup>b</sup>	0,50	15,0
Costillar	Diafragma	1,31 <sup>a</sup>	0,04	1,0	1,10 <sup>b</sup>	0,04	0,9
	Cecina	1,12 <sup>a</sup>	0,05	0,8	1,09 <sup>a</sup>	0,03	0,8
	Oreja	0,62 <sup>a</sup>	0,04	0,5	0,52 <sup>b</sup>	0,02	0,4
	Subtotal costillar	3,05 <sup>a</sup>	0,11	2,2	2,71 <sup>b</sup>	0,07	2,1
Otros	Recorte (BSCH)	38,07 <sup>a</sup>	0,96	27,7	33,39 <sup>b</sup>	0,84	25,9
	Hueso	24,27 <sup>a</sup>	0,41	17,7	22,39 <sup>b</sup>	0,53	17,4
	Sebo	5,91 <sup>a</sup>	0,59	4,3	11,14 <sup>b</sup>	0,71	8,6
	Desechos	2,29 <sup>a</sup>	0,13	1,7	1,37 <sup>b</sup>	0,10	1,1
	Subtotal otros	70,54 <sup>a</sup>	1,73	51,4	68,29 <sup>a</sup>	1,55	53,0
Peso canal fría		137,04	3,06	100,0	128,8	3,02	100,0

EE = Error estándar. % canal = peso de la pieza / peso de la canal fría.

Medias con letra diferente poseen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 6.** Valores de calidad en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de toretes y novillos Brahman evaluados con 14 días de maduración en húmedo. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Table 6.** Quality values on the *Longissimus dorsi lumborum* muscle of Brahman bulls and steers evaluated at 14 days of wet aging. San Julián farm, North Pacific of Costa Rica, 2017.

Variables	Toretos				Novillos			
	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>	Media	EE	LC <sub>i</sub>	LC <sub>s</sub>
Sinéresis (%)	2,35 <sup>a</sup>	0,14	2,07	2,63	1,62 <sup>b</sup>	0,13	1,36	1,87
L*	46,43 <sup>a</sup>	0,47	45,38	47,47	45,18 <sup>a</sup>	0,60	43,84	46,52
a*	14,39 <sup>a</sup>	0,22	13,90	14,88	13,70 <sup>a</sup>	0,28	13,07	14,33
b*	14,96 <sup>a</sup>	0,30	14,30	15,62	14,75 <sup>a</sup>	0,25	14,19	15,30
Pérdidas cocción (%)	26,80 <sup>a</sup>	0,51	25,08	27,09	26,45 <sup>a</sup>	0,55	25,37	27,53
Fuerza de corte (kg)	5,01 <sup>a</sup>	0,26	4,42	5,60	5,74 <sup>a</sup>	0,40	4,86	6,62

EE = Error estándar. LC<sub>i</sub> = límite inferior y LC<sub>s</sub> = límite superior. Medias con letra diferente poseen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La capacidad de retener agua está estrechamente relacionada al pH. Posterior al sacrificio, el pH desciende de manera importante y la velocidad con que éste disminuye juega un rol sustancial en la calidad de la carne, ya que caídas rápidas de pH y producción de ácido láctico producen carnes con baja capacidad de retención de agua, debido a la alteración de las propiedades de las proteínas por la reducción del número total de grupos reactivos para ligar agua a la proteína [36]; por lo tanto se generan carnes más secas y duras [4]. En este caso los datos demuestran que en los animales castrados al tener un mayor pH se da una mayor retención de agua y por ende se mejora la calidad-terneza de la carne [38].

La ausencia de diferencias estadísticas entre toretes y novillos en este estudio coinciden con Varela *et al.* [39] y Latorre *et al.* [38], aunque difieren con Destefanis *et al.* [37], quienes obtuvieron diferencias en las medias de esta variable para animales enteros, animales con castración temprana y animales con castración tardía.

Se revela con los datos de los estudios, que la carne de los novillos tiende a ofrecer menor pérdida por cocción, lo que lo relaciona a tener una mayor suavidad y sabor [2]. El responsable

de la sensación de jugosidad es el contenido de agua retenida durante la cocción, por lo que pareciera que existe alguna ventaja (mayor retención de humedad) en novillos comparado con toretes [2].

En cuanto al color, Latorre *et al.* [38] indican que las muestras de LD no presentan diferencias entre grupos de animales, aunque pudo observarse que los animales no castrados presentan una tendencia de aumento de los tres parámetros de color, al igual que en la presente investigación,. Purchas [40] en un estudio realizado en muestras de LD de animales Angus criados en pastoreo, observaron diferencias en valores a\* (Rojo) y b\* (amarillo), mientras que los valores de luminosidad L\* no presentaron diferencias significativas para ninguno de los dos tipos de animales.

En la variable fuerza de corte, transcurridos catorce días de la maduración de la carne, los animales de ambos tipos ofrecen una carne ligeramente tierna según la fuerza de corte establecida por medio de la Clasificación de Warner Bratzler (FCWB), siendo menor a 6 kg según lo valorado por Vásquez *et al.* [41].

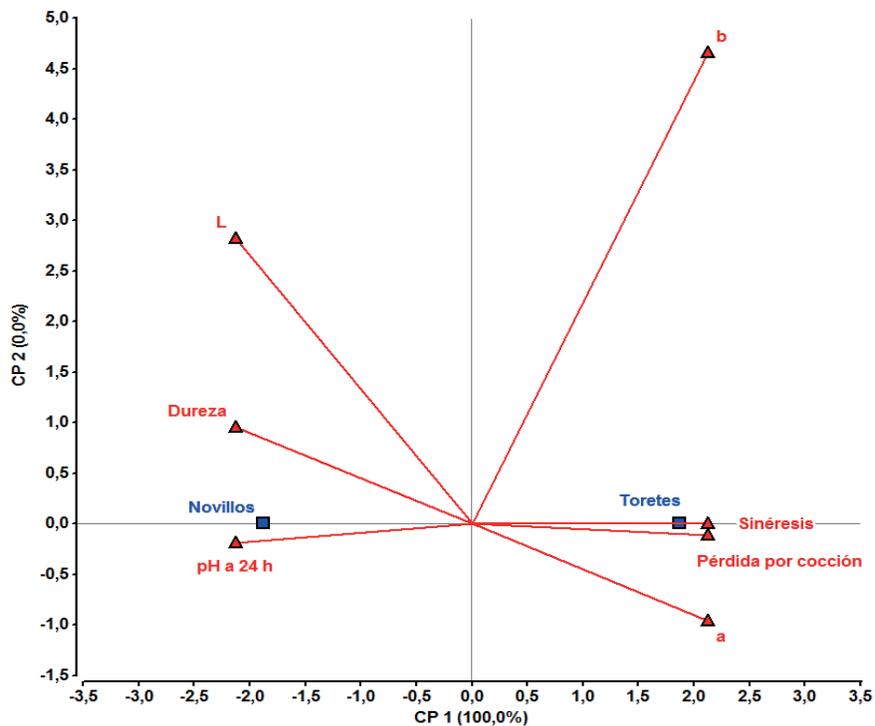
En animales enteros, Destefanis *et al.* [37] reportaron fuerzas de corte en el músculo LD

madurado en húmedo por once días, de 6,97 kg; en animales con castración temprana de 6,18 kg y en animales con castración tardía la fuerza de corte fue de 7,15 kg; no encontrando diferencias estadísticas. Sin embargo, Rodríguez [2] en su investigación encontró diferencias entre novillos castrados a los tres meses y toretes, dicha diferencia se pudo dar como lo cita Bretschneider [42] debido a que es una característica compleja, que no sólo es determinada por un rango del músculo si no que puede influenciarse por la composición genética, hormonal y edad del animal, aunque también por factores externos que pueden actuar durante el crecimiento del animal, en el transcurso de los periodos *pre-*, durante y *post mortem*.

A pesar de que no se reportaron diferencias estadísticas entre tratamientos, se notó una tendencia de mayor suavidad en la carne de los toretes comparada con la de novillos. Haciendo referencia a esta diferencia, Purslow

[43] menciona que la testosterona del torete genera mayor tasa de crecimiento, por lo tanto, una mayor hipertrofia muscular, generando así una mayor síntesis de colágeno. Sin embargo, el anterior corresponde a colágeno soluble y según se propone en el modelo, la degradación por proteólisis ocurre en mayor medida en el colágeno soluble. Con base en lo anterior, se podría afirmar que al haber más colágeno soluble en el torete, la degradación proteolítica a los catorce días pudo ser mayor, resultando en más terniza en la carne de los toretes. De acuerdo con Pearson y Dutson [44] y Morón-Fuenmayor *et al.* [45], el carácter relativamente duro de las carnes del torete y del seudo criptórquido pudiera atribuirse a la mayor complejidad del tejido conectivo desde el punto de vista de solubilidad, a la alta concentración de testosterona y a la calpastatina en sus músculos.

Para resumir los resultados encontrados con respecto a la calidad de la carne a los 14 días



**Figura 1.** Biplot para las variables de calidad de la carne a los 14 días de maduración en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de toretes y novillos Brahman evaluados. Finca San Julián, Pacífico Norte, Costa Rica, 2017.

**Figure 1.** Biplot for the meat quality variables at 14 days of aging on the *Longissimus dorsi lumborum* muscle, of Brahman bulls and steers evaluated. San Julián farm, North Pacific of Costa Rica, 2017.

de maduración, se presenta el biplot del análisis de componentes principales (ACP) en el que se muestra la relación directa entre la carne de novillos y la dureza, pH a 24 horas y, en menor grado, con luminosidad (carnes más claras); mientras la carne de toretes se asocia fuerte y positivamente con la sinérisis y pérdidas por cocción, y en menor medida con el color a\* (carnes más rojas) (Figura 1).

## Conclusiones

Toretos Brahman mostraron una mayor ganancia diaria de peso y mayor peso final en finca que los novillos, asociado a un posible efecto hormonal (testosterona) y por ende a una mayor actividad anabólica.

El peso pie en planta y el peso en canal caliente fue superior y estadísticamente significativo a favor de los toretes. Sin embargo, en el rendimiento pie / canal los novillos superaron a los toretes.

Los toretes Brahman produjeron más carne vendible, hueso y menos grasa en comparación con los novillos.

La terneza de la carne o fuerza de corte en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de toretes comparada con la de los novillos a los 14 días de maduración no mostró diferencias significativas.

## Recomendaciones

Basado en los resultados, Ganadera San Julián no debería castrar porque logra mejor crecimiento, desarrollo, volumen y carne competitiva en términos de terneza a favor de los toretes.

Ampliar el tiempo de maduración a 21 y 28 días *post mortem*, ya que a 14 días aún la terneza, y por tanto, la aceptabilidad del consumidor no está garantizada.

Analizar el comportamiento económico de los sistemas utilizados y la finalidad de producción en la finca con base en los resultados obtenidos en el presente estudio.

## Bibliografía

[1] CORFOGA (Corporación Ganadera), "Datos estadísticos: Clasificación de canales bovinas", San José: CORFOGA, 2012.

- [2] J. Rodríguez, "Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate", Tesis M.Sc. Kansas State University, Manhattan, 2012.
- [3] J.C. Cardona, "Efecto de la castración y la pseudocastración con elastrador al nacimiento, sobre el crecimiento, calidad la carne y de la canal, en ganado cebú comercial, bajo condiciones de trópico húmedo en la Zona Norte de Costa Rica", Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2012.
- [4] K. Rodríguez, "Efecto del componente racial sobre parámetros productivos, de la canal y de la calidad de la carne de novillos de engorde suplementados bajo condiciones de pastoreo", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, 2014.
- [5] M. Alvarado, "Efecto de la castración sobre el crecimiento del animal, la calidad de la canal in vivo y el rendimiento post mortem de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu-Charbray, en un sistema estabulado en Guápiles, Pococí, Limón", Tesis Lic. Universidad de Costa Rica, San Pedro, 2016.
- [6] F. Bolaños, "Rendimiento cárnico en ganado cebuíno con dos sistemas de producción: pastoreo con suplementación y estabulado en la ganadera Don Fernando, San Carlos, Alajuela, Costa Rica", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Clara, 2018.
- [7] S.C. Seideman, H.R. Cross, R.R. Oltjen, B.D. Schanbacher, "Utilization of the intact male for red meat production: a review". *Journal of Animal Science*, vol. 55, no. 4., pp. 826-840, 1982.
- [8] N. Mach, A. Bach, C.E. Realini, M. Furnols, A. Velarde, M. Devant, "Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance, behavior, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets". *Meat Science*, vol. 81, pp. 329-334, 2009.
- [9] J. Moletta, J. Torrecilhas, M. Garcia, A. Cortez, C. Eiras, I. do Prado, "Feedlot performance of bulls and steers fed on three levels of concentrate in the diets", *Maringá*, vol. 36, no. 3, pp. 323-328, 2014.
- [10] D.D. Lunstra, J.J. Ford, S.E. Echterkamp, "puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds", *Journal of Animal Science*, vol. 46, no. 4, pp 1054-1062, 1978.
- [11] D. San Román, "Características físicas de la carne natural del Paraguay", Asunción: Editora Ricor Grafic S.A., 2015.
- [12] M. Peluffo, M. Monteiro, "Terneza: una característica a tener en cuenta", 2002. [On line]. Disponible en: [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R103/R103\\_18.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R103/R103_18.pdf) [Accesado: 2 Feb., 2017].
- [13] CORFOGA (Corporación Ganadera), "Consumo aparente per cápita de carne de res a diciembre

- 2017", 2017. [On line]. Disponible en: <http://www.corfoga.org/download/consumo-aparente-per-capita-de-carne-de-res-diciembre-2017/> [Accesado: 2 Feb., 2017].
- [14] USDA, "Official United States Standards for Grades of carcass Beef", Agric. Marketing Service, USDA, Washington, DC, 1997.
- [15] AMSA, "Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat", American Meat Science Association. Savoy, US, 1995.
- [16] J.A. Di Rienzo, F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo, "InfoStat versión 2017". Córdoba, Centro de Transferencia InfoStat, 2017.
- [17] P. Galo, P. Paniagua, D. Ocampos, J. Dueck, J. González, "Desempeño productivo de bovinos machos enteros y castrados en un sistema de engorde a corral en el Departamento de Boquerón – Chaco Central". *Investigación Agraria*, vol. 14, no. 2, pp. 101-106, 2012.
- [18] H. Enrique, "Estructura corporal o frame", 2002. [On line]. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/frame%20score/03-estructura\\_corporal\\_o\\_frame.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/03-estructura_corporal_o_frame.pdf) [Accesado: 9 Jun., 2011].
- [19] D. Ocampos, "Desempeno produtivo e características da carcaça de novilhos de 3 raças de corte sometidos a dois sistemas de terminação", Tesis Ph.D. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- [20] B. Venkata, A. Sivakumar, D. Jeong, Y. Woo, S. Park, S. Lee, J. Byun, Ch. Kim, S. Cho, I. Hwang, "Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments", *Animal Science Journal*, vol. 86, no. 1, pp.1-16, 2015.
- [21] M. Zimerman, "pH de la carne y factores que lo afectan". En Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 141-152, 2008.
- [22] C. Gallo, "Carnes de carne oscuro en bovino", 2003 [On line]. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/50-carnes\\_de\\_corte\\_oscuro.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/50-carnes_de_corte_oscuro.pdf) [Accesado: 20 Nov., 2018].
- [23] G.A. Morao, M.J. Rügger, "Desempeño productivo, tipificación y rendimiento a la faena de machos enteros jóvenes Holando Argentino engordados a corral", *InVet*, vol. 13, no. 2, pp. 9-16, 2011.
- [24] T. Knight, A.A. Death, M. Lambert, D. McDougall, "The rate of reduction in carotenoid concentration in fat of steers fed a low carotenoid ration, and the role of increasing carcass fatness". *Crop and Pasture Science*, vol. 52, pp. 1023-1032, 2001.
- [25] P.G. Dunne, F.J. Monahan, F.P. O'Mara, A.P. Moloney, "Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history", *Meat Science*, vol. 81, no. 1, pp. 28-45, 2009.
- [26] R.M. Prado, I.N. Prado, J.A. Marques, P.P. Rotta, J.V. Visentainer, R. R. Silva, N.E. Souza, "Meat quality of the *Longissimus* muscle of bulls and steers (½ Nelore vs. ½ Simmental) finished in feedlot", *Journal of Animal and Feed Sciences*, vol. 18, pp. 221-230, 2009.
- [27] R. Purchas, D. Burnham, S. Morris, "Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers", *Journal of Animal Science*, vol. 80, no. 12, pp. 3211-3221, 2009.
- [28] P.L. Paniagua, D.A. Ocampos, "Caracterización de la canal y calidad de carne producida por cuatro categorías bovinas provenientes de dos sistemas de producción ganadera en Paraguay", *Investigación Agraria*, vol. 10, no. 1, pp. 23-33, 2008.
- [29] J. Aricetti, P. Rotta, R. do Prado, D. Perotto, J. Visentainer, M. Matsushita, "Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of longissimus muscle of bulls and steers finished in a pasture system bulls and steers finished in pasture systems", *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, vol. 21, no. 10, pp. 1441-1448, 2008.
- [30] R.A. Velásquez, R.R. Noguera, S.L. Posada, "Estimación del rendimiento en canal de novillos Holstein usando ultrasonografía", *Livestock Research for Rural Development*, vol. 25, no. 11, 2013.
- [31] M. Rubio, D. Braña, D. Méndez, G. Torrescano, A. Sánchez, C. Pérez, F. Figueroa, E. Delgado, "Guía práctica para la estandarización y Evaluación de Canales Bovinas Mexicanas", Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.
- [32] A. Jiménez, C. Manrique, C.A. Martínez, "Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza brahmán", *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, vol. 57, no. 3, pp. 178-190, 2010.
- [33] J. Franco, O. Feed, G. Bianchi, G. Garibotto, F. Ballesteros, F. Nan, M. Percovich, M. Piriz, O. Betancur, "Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración *post-mortem*", *Agrociencia*, vol. 12, no. 1, pp. 74-79, 2008.
- [34] N. Mach, A. Bach, A. Velarde, M. Devant, "Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef", *Meat Science*, vol. 78, pp. 232-238, 2008.
- [35] G. Marino, M. Vilca, D. Ramos, "Evaluación del pH en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*)", *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 16, no. 1, pp. 90-95, 2005.
- [36] J. Hernández, J. Aquino, F. Ríos, "Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne", *Nacameh*, vol. 7, no.2, pp. 41-64, 2013.

- [37] G. Destefanis, A. Brugiapaglia, M.T. Barge, C. Lazzaroni, "Effect of castration on meat quality in Piemontese cattle", *Meat Science*, vol. 64, no. 2, pp. 215-218, 2003.
- [38] M. Latorre, S. Iezzi, S. Christensen, P.P. Purslow, "Bovinos machos jóvenes castrados versus enteros; calidad de carne y propiedades del tejido conectivo", *Revista de investigaciones agropecuarias*, vol. 43, pp. 72-77, 2017.
- [39] A. Varela, B. Oliete, T. Moreno, C. Portela, L. Monserrat, J.A. Carballo, L. Sánchez, "Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed", *Meat Science*, vol. 67, no. 3, pp. 515-522, 2004.
- [40] R.W. Purchas, D.L. Burnham, S.T. Morris, "Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers", *Journal of Animal Science*, vol. 80, no. 12, pp. 3211-3221, 2002.
- [41] R. E. Vásquez, H. H. Ballesteros, C. A. Muñoz, "Factores asociados con la calidad de la carne. I parte: la ternera de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio", *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 8, num. 2, 60-65, 2007.
- [42] G. Bretschneider. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*, vol. 97, no. 2-3, pp. 89-100, 2005.
- [43] P. P. Purslow, "Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed", *Meat science* vol. 144, pp. 127-134, 2018.
- [44] A. M. Pearson, T. R. Dutson, "Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish product", *Blackie Academic and Professional an Imprint of Chapman and Hall*. London, 1994.
- [45] O. Morón-Fuenmayor, O. Araujo-Febres, S. Pietrosevoli, N. Gallardo, B. Sulbarán, J. Peña. Efecto de la castración sobre las composiciones fisicoquímicas y características en carnes de bovinos mestizos comerciales. *Revista de la Facultad de Agronomía-Luz*, vol. 27, pp. 594-606, 2010.

De acuerdo con la norma IEEE, este documento debe citarse:

J. C. Salas Elizondo, J. Rodríguez González, "Comparación entre toretes y novillos de la raza Brahman sobre el crecimiento, rendimiento y la calidad de la carne en un sistema estabulado en el Pacífico Norte de Costa Rica", *Revista AgrolInnovación en el Trópico Húmedo*, vol. 2, no. 2, pp. 27-40, 2019. Doi: 10.18860/rath.v2i2.5195