

**CARACTERIZACIÓN DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE EN
TERNEROS DE ENCASTE BRAHMAN, FINCA LA VEGA,
SAN CARLOS, COSTA RICA**

ROCÍO DEL CARMEN QUIRÓS ZELEDÓN

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS**



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005 - 2018

2020

CARACTERIZACIÓN DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE
EN TERNEROS DE ENCASTE BRAHMAN, FINCA LA VEGA,
SAN CARLOS, COSTA RICA

ROCÍO DEL CARMEN QUIRÓS ZELEDÓN

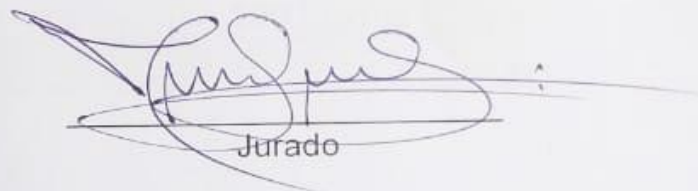
APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL EVALUADOR:

Ing. Agr. Julio Rodríguez González, M. Sc.



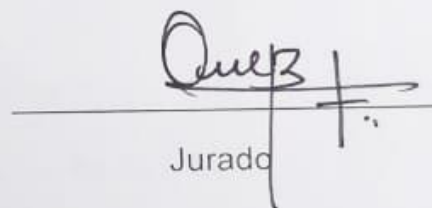
Asesor Principal

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, PhD.



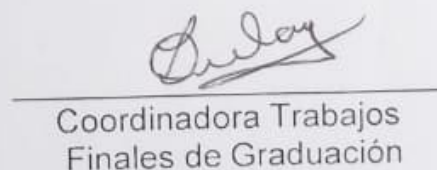
Jurado

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, M. Sc.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Coordinadora Trabajos
Finales de Graduación

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, PhD.



Director
Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme a todas partes, guiarme en los momentos más difíciles y permitirme concluir con éxito otra etapa de mi vida.

A mis padres Luis y Dunia y a mis hermanos Melania, Luis, Erick y Mauren por el amor, la compañía, la guía, la comprensión, el sacrificio y el apoyo para que yo llegara a cumplir todos mis sueños. Ustedes son los pilares de mi vida.

A Marce, por la guía y apoyo incondicional, motivándome siempre a dar más de mí.

A mi familia y amigos quienes me han acompañado durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la salud y por tantas bendiciones, ya que, a pesar de todas las situaciones difíciles, ha permitido que el universo siempre conspira a mi favor.

A mis padres, hermanos y familia por todo el cariño y apoyo incondicional.

A Don Eddie y doña Joanne, por creer en nosotros y apoyar siempre a mi papá y a mi familia, gracias a ustedes he podido hacer muchos sueños realidad y alcanzar grandes objetos.

A Marce, por todo, no hay palabras que puedan describir la gratitud que siento. Sabes que siempre te llevaré donde quiera que vaya.

A Julio Rodríguez, mi maestro, mi guía en este fascinante mundo de la ciencia de la carne.

A mis amigos LuisGa, Omar, Val, Josué y Mónica, por acompañarme todos estos años.

A Arturo y Jeffry Huertas, por todo el apoyo que nos dan a los estudiantes durante nuestra carrera y en los proyectos de investigación.

A LuisGa, Chadru, Rosangélica, Amoín, Lizy, Alejandra, Alondra, Keneth, Adolfo y Rubén por ayudarme con el panel sensorial.

A la Escuela de Agronomía, por creer en mi como líder.

A todos los miembros de la AEA con los que trabajé hombro a hombro durante estos años de carrera, me enseñaron grandes cosas.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS DE ANEXOS	xii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes de la carne de ternero.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Mercado actual de la carne bovina.....	5
2.2 Clasificación de la Carne de Ternero	6
2.3 Valor nutricional de la carne de ternero.....	7
2.4 Desarrollo digestivo de terneros.....	9
2.5 Peso pie de finca, peso pie de planta y pesos de la canal	9
2.6 Longitud de la canal, largo del tendón de Aquiles y perímetro de la pierna	11
2.7 Área del ojo del lomo.....	11
2.8 Temperatura y pH.....	12
2.9 Calidad de la carne.....	13
2.10 Grasa de cobertura.....	14
2.11 Maduración de la carne	15
2.12 Color de la carne	16
2.13 Terneza de la carne (Kg).....	18
2.14 Panel sensorial.....	19
2.15 Perfil de ácidos grasos	20
3 MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Ubicación.....	23
3.2 Periodo de estudio.....	23

3.3	Área experimental	23
3.4	Variables de respuesta estudiadas.....	24
3.4.1	Peso pie de finca (PPF)	24
3.4.2	Peso pie de planta (PPP).....	25
3.4.3	Peso canal caliente (PCC).....	25
3.4.4	Conformación muscular	26
3.4.5	Cobertura de grasa y coloración de la grasa	26
3.4.6	Peso canal fría (PCF)	27
3.4.7	Longitud de la canal, longitud del tendón de Aquiles y perímetro de la pierna.....	27
3.4.8	Temperatura (°C) y pH.....	27
3.4.9	Área del ojo del lomo (AOL).....	28
3.4.10	Color del músculo	29
3.4.11	Preparación de las muestras para la maduración.....	29
3.4.12	Preparación de las muestras para la cocción	31
3.4.13	Fuerza de corte.....	33
3.4.14	Panel sensorial	35
3.4.15	Perfil de ácidos grasos y extracto etéreo	36
3.5	Análisis estadístico	36
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1	Peso Pie de Finca	38
4.2	PPP, PCC, PCF y Rendimiento.....	41
4.3	Conformación muscular, cobertura y color de grasa	43
4.4	Características de la canal	45
4.5	Color de la carne, pérdidas por cocción, sinéresis y fuerza de corte.....	47
4.6	Panel Sensorial	53
4.7	Perfil de Ácidos Grasos	59
5	Conclusiones.....	63
6	Recomendaciones.....	64
7	BIBLIOGRAFÍA	65
8	ANEXOS	78

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
Cuadro 1.	Categorías de clasificación de la carne de ternero.	6
Cuadro 2.	Información nutricional de la carne de ternero de los músculos <i>Longissimus dorsi lumborum et thoracis</i> , por cada 100 g de carne.	7
Cuadro 3.	Guía para la determinación de la conformación muscular de la canal según perfil, amplitud y prominencia.	26
Cuadro 4.	Guía para la determinación de tipo de grasa de cobertura según distribución en la canal y grosor.	26
Cuadro 5.	Guía para la determinación de la coloración de la grasa de cobertura en las canales bovinas.	26
Cuadro 6.	Valores de finca obtenidos en terneros de encaste Brahman a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	38
Cuadro 7.	Valores de cosecha obtenidos en terneros de encaste Brahman a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	41
Cuadro 8.	Descripción de la canal de terneros de encaste Brahman cosechados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	45
Cuadro 9.	Características de la canal de terneros de encaste Brahman cosechados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	47
Cuadro 10.	Valores promedio (\pm EE) de los parámetros asociados al color del <i>Longissimus dorsi lumborum</i> de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	48
Cuadro 11.	Valores promedio (\pm EE) de los parámetros asociados la calidad de la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	51
Cuadro 12.	Valores medios obtenidos sobre la apreciación sensorial de las características evaluadas a los 7 días de maduración de la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	54

Cuadro 13. Frecuencias porcentuales obtenidas sobre la apreciación sensorial de las características evaluadas a los siete días de maduración de la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	54
Cuadro 14. Medias del análisis multivariado para los conglomerados según las variables analizadas en el panel sensorial de carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	58
Cuadro 15. Valores medios de ácidos grasos (%) y extracto etéreo del musculo Longissimus dorsi lumborum de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1.	Ternereros de encaste Brahman en estudio, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica, 2018.	24
Figura 2.	Aretes de identificación de los terneros en estudio, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica, 2018.	24
Figura 3.	Registro del peso de la canal caliente (PCC) de los terneros de encaste Brahman en la línea de sacrificio en la planta de Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.	25
Figura 4.	pH-metro Hanna Instruments Meat pH Meter HI 99163 utilizado para medir la temperatura (°C) y el pH de las canales de terneros de encaste Brahman 24 horas post-mortem, Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.	28
Figura 5.	Área del ojo del lomo tomada con la plantilla cuadrículada transparente recomendada por la USDA, Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.	28
Figura 6.	Espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0 utilizado para medir los parámetros de color L*, a*, b* de las canales de terneros de encaste Brahman 24 horas post mortem, Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.	29
Figura 7.	Empacado al vacío de los músculos Longissimus dorsi lumborum de los terneros de encaste Brahman. A. Lomos etiquetados y empacados al vacío para su posterior salida de la planta de cosecha. B. Muestras enviadas al Laboratorio Nacional de la Carne. C. Muestras de 2 cm de grosor enviadas al CINA-UCR. Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.	30
Figura 8.	Preparación de las muestras de bistec del músculo Longissimus dorsi lumborum que fueron utilizadas para las pruebas de terneza y panel sensorial. A. Guía para el corte de los bistecs con un grosor de 2,64 cm. B. Rotulación de las bolsas de empaque de acuerdo con la prueba a realizar y los días de maduración. C. Muestras de bistec empacadas al vacío y listas para ser refrigeradas para su respectiva maduración. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.	31
Figura 9.	Espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0 utilizado para medir los parámetros de color L*, a*, b* de los bistecs del músculo Longissimus dorsi lumborum de terneros de encaste Brahman a los 2 y 7 días de maduración, Laboratorio Nacional de la Carne,	

Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.	32
Figura 10. Preparación para cocción de los bistecs del músculo Longissimus dorsi lumborum de terneros de encaste Brahman. A. Oxigenación de los bistecs. B. Grabador de temperaturas Barnant para la correcta cocción de las muestras. C. Cocción de las muestras, las cuales se encuentran conectadas a las termocuplas que indican la temperatura interna a la que se encuentran. D. Bistecs cocinados a una temperatura de 70°C. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.	33
Figura 11. Elaboración de cilindros extraídos de los bistecs del músculo Longissimus dorsi lumborum de terneros de encaste Brahman. A. Taladro DeWalt Modeo Dw 107 acoplado con un sacabocado cilíndrico. B. Detalle del sacabocado. C. Cilindros extraídos para realizar la prueba de fuerza de corte. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.	34
Figura 12. Texturometro con cuchilla en V Warner-Bratzler utilizada para realizar la prueba de fuerza de corte en el lomo ancho Longissimus dorsi lumborum. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.	34
Figura 13. Panel sensorial. A. Conte del bistec con ayuda de una guía de corte. B. Panelistas en cubículos. C. Recipientes con muestras distribuidas al azar y plato con trozos de manzana. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.	35
Figura 14. Distribución mensual de la precipitación durante el periodo de abril a noviembre de 2018. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica.	40
Figura 15. Distribución mensual de la temperatura promedio (°C) (línea) y la humedad relativa promedio (%) (columna) durante el periodo de abril a noviembre de 2018. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica.	41
Figura 16. Gráfico bi-plot de los dos componentes principales (CP) para las variables analizadas en el panel sensorial según el tratamiento y el tiempo de maduración.	56
Figura 17. Gráfico tri-plot de la correlación existente entre las variables analizadas en el panel sensorial según el tratamiento y el tiempo de maduración.	57

Figura 18. Agrupación de los conglomerados según el tratamiento y el tiempo de maduración, de acuerdo con las variables analizadas en el panel sensorial.

58

LISTA DE CUADROS DE ANEXOS

Cuadro	Título	Página
Cuadro A1.	Escala hedónica utilizada para la evaluación del panel sensorial.	78
Cuadro A2.	Perfil de ácidos grasos presente en la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 semanas de edad. Valores expresados en g/100 g de carne. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	79
Cuadro A3.	Composición de la canal de cuatro terneros de encaste Brahman sacrificados a las 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.	79

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue generar información sobre las características de la canal y la calidad de carne de terneros de encaste Brahman, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica. El estudio se llevó a cabo durante los meses de abril a noviembre de 2018. Se evaluó variables cuantitativas y cualitativas: peso de los animales y las canales (Kg), rendimientos de cosecha (%), largo de la canal (cm), perímetro de la pierna (cm), largo del tendón de Aquiles (cm), área del ojo del lomo (cm²), temperatura (°C) y pH a las 24 h *postmortem*, cobertura y color de la grasa y color de la carne. La calidad de la carne de ternero se evaluó a los dos y siete días de maduración sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum* mediante la coloración (L*, a*, b*, C*, h*) y la fuerza de corte (kg) utilizando el parámetro Warner-Bratzler Shear Force. Además, se obtuvo el perfil lipídico y las características organolépticas. Se encontró efecto del período de maduración sobre el color de la carne (L*, a*, b*, C*, h*) ($p < 0,05$). Además, se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el periodo de maduración sobre la fuerza de corte (Kg). La carne de ternero presentó un 58,26% de ácidos grasos saturados, un 38,84% de ácidos grasos monoinsaturados, un 1,31% de ácidos grasos poliinsaturados, además de un 1,60 de índice aterogénico y un 2,96 de índice trombogénico. La carne de ternero a los dos y siete días de maduración varió de ligera a moderadamente suave y la variable jugosidad fue la que los panelistas mejor asociaron a la aceptabilidad.

Palabras clave: carne de ternero, calidad de carne, fuerza de corte, perfil lipídico, características organolépticas.

ABSTRACT

The objective of this research was to generate information on the characteristics of the carcass and the quality of meat from calves of commercial Brahman, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica. The study was carried out during the months of April to November 2018. Quantitative and qualitative variables were evaluated: weight of animals and carcasses (kg), harvest yields (%), carcass length (cm), perimeter of the leg (cm), length of the Achilles tendon (cm), loin-eye area (cm²), temperature (°C) and pH at 24 h postmortem, coverage and color of fat and colour of meat. The quality of the calf meat was evaluated at two and seven days of maturation on the *Longissimus dorsi lumborum* muscle by the coloration (L*, a*, b*, C*, h*) and the shear force (kg) using the Warner-Bratzler Shear Force parameter. In addition, the lipid profile and the organoleptic characteristics were obtained. The effect of the aging period on the colour of the meat (L*, a*, b*, C*, h*) was found ($p < 0.05$). Furthermore, significant differences ($p < 0.05$) were found in the aging period on the shear force (kg). Calf meat presented 58,26% of saturated fatty acids, 38,84% of monounsaturated fatty acids, 1,31% of polyunsaturated fatty acids, in addition to 1,60 of atherogenic index and 2,96 of thrombogenic index. Calf meat at two and seven days of aged varied from light to moderately soft, and the variable juiciness was the one that panelists best associated with acceptability.

Key words: calf meat, meat quality, shear force, lipid profile, organoleptic characteristics.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes de la carne de ternero

Los estudios en carne de ternero datan de los inicios del siglo XX. Investigaciones en Estados Unidos revelan como los productores buscaban mejores dietas y menor tiempo de desarrollo en los animales, con el fin de obtener mayor rentabilidad productiva. Los primeros experimentos en carne de ternero fueron realizados con razas *Bos taurus*, entre ellas Shorthorn, Hereford y Angus (Cottrell *et al.* 1902). El primer estándar de clasificación de carne de ternero fue publicado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) en 1928 y su versión actual es de 1980 (USDA 1980).

En Europa, son abundantes las investigaciones en este campo, debido a que la carne de ternero es un producto apreciado por el público por ser saludable, de alta calidad, bajo contenido de grasa y sabor agradable (Vieira *et al.* 2005). Las razas más comunes para la producción de carne de ternero son Holstein provenientes de machos de lechería (Domaradzki *et al.* 2017), Limousin, debido a sus excelentes características en la canal y en la calidad de la carne, por presentar alta proporción de musculatura y bajo contenido de grasa (Domaradzki *et al.* 2013; Nogalski *et al.* 2013) y Simmental principalmente utilizada en Croacia (Kelava *et al.* 2009). La clasificación de las canales de ternero y especificaciones de cortes está bien regulada en la Unión Europea (UE) (Domaradzki *et al.* 2017). España, Holanda, Francia e Italia son los principales productores de carne de ternero o *Class V* (menos de ocho meses de edad) y vacuno joven o *Class Z* (entre ocho y doce meses de edad), juntos producen alrededor de 766 100 toneladas por año, lo que representa el 78% de la producción en UE (EUROSTAT 2015).

Diversos autores en América Latina han realizado investigaciones en carne de ternero de razas *Bos indicus*, principalmente en Brasil y la mayoría utilizan la raza Nelore o cruces de ésta con razas *Bos taurus* como Holstein y Simmental, sin embargo, no existe tradición de producción y consumo de carne de ternero ya que muchas veces esta actividad es desconocida por los productores y los consumidores (Almeida-Júnior 2005; Alves 2007).

En Costa Rica, la cría de terneros para la producción de carne es un desafío para la ganadería de carne y de doble propósito, debido a que al evaluar las exigencias en manejo, nutrición y sanidad se cree que pueden elevar los costos, aunque un buen manejo de los recursos puede significar un aumento en la rentabilidad de las fincas. Actualmente no se tiene registro de la producción de carne de ternero en Costa Rica y se desconoce sus características cuantitativas y cualitativas.

1.2 Justificación

La ganadería en Costa Rica se encuentra en declive (Rodríguez-Salas 2018), por lo que se debe considerar la implementación de estudios técnicos que permitan dar valor agregado a la producción ganadera costarricense, con el fin de propiciar mecanismos que ayuden a los productores a mantenerse en el sector productivo.

Son muchos los factores que han influido esta situación. A nivel de finca, existen productores que manejan pocos conocimientos técnicos en cuanto a bienestar animal y alimentación, provocando que se den ganancias diarias de peso irregulares. Asimismo, se cosechan toros de más de 36 meses de edad, enviando al mercado carnes que tienden a presentar problemas de terneza. Otro factor negativo, es que se ha optado por el engorde de hembras y es común que no se les permita llegar al primer parto, lo cual ha generado una baja importante del hato nacional, pasando de 2 190 189 cabezas de ganado en 1988 (CORFOGA 2017) a 1 278 817 cabezas en el 2014 (INEC 2015). Por otra parte, se han dado cambios en el uso de la tierra, provocando que los ganaderos se dediquen a actividades más rentables, como la producción de piña y otros cultivos, o vendan sus fincas. Finalmente, la situación socioeconómica del país y la falta de mejores políticas públicas que apoyen la producción agropecuaria genera incertidumbre en el sector y son pocos los productores que se animan a invertir en nuevas técnicas o tecnologías.

A nivel mercado, son escasos los productores nacionales que se preocupan por mejorar la calidad de la carne que llega al consumidor, debido a que, a falta de un sistema de clasificación de canales idóneo, la carne es pagada por volumen y no

por calidad. Además, en Costa Rica no existe una cultura de consumo de carne de calidad, por lo que se envían al mercado carnes de baja calidad, como resultado, el consumo de carne bovina costarricense per cápita ha disminuido. Sin embargo, en los últimos años se ha dado un alza en las importaciones, según PROCOMER (2016), las importaciones de carne bovina proveniente de países como Nicaragua, Uruguay y Paraguay han aumentado un 173,5% del 2012 al 2016.

Precisamente por ese aumento en las importaciones se deduce que, en Costa Rica, sí existe un nicho de mercado que demanda carne de calidad, principalmente debido a dos factores, (i) se ha elevado el poder adquisitivo de los consumidores y (ii) la preocupación por comer productos que permitan mantener buena salud, que sean de mejor calidad y bajos en grasa o sustancias sintéticas.

A raíz de las preocupaciones generadas en el sector ganadero y comercial por el alza en las importaciones de carne bovina, es que empresas como Corporación Auto Mercado en conjunto con instituciones como el Tecnológico de Costa Rica, han decidido realizar investigaciones que permitan conocer el comportamiento de las razas bovinas cárnicas del país y experimentar con diversas dietas nutricionales o formas de manejo del hato que mejoren la producción y aumenten la calidad, cumpliendo las demandas de los consumidores, con el fin de fortalecer el mercado de carne nacional.

Hay que tomar en cuenta que los consumidores prefieren y aprecian la terneza y la frescura de la carne (CORFOGA 2013). El uso de animales juveniles para el consumo de carne fresca es una opción viable para el comercio en Costa Rica, donde el consumidor prefiere carne con pocos días de cosechado. Sin embargo, se maneja poca información sobre la calidad de la carne de ternero, por lo que es fundamental describir y diferenciar su carne de la carne de animales adultos, con el fin de aumentar su valor y derribar las barreras culturales que perjudican su comercialización (Fellet 2000). El aprovechamiento del macho de lechería para la producción de carne de ternero puede ser una alternativa rentable para productores de leche, pudiendo alcanzar ganancias de aproximadamente el 91% sobre los costos de producción (Alcantara-Batista 2011).

Debido a lo anterior, el propósito de este estudio es caracterizar la carne de ternero, mediante el músculo *Longissimus dorsi lumborum*, el cual será sometido a análisis cualitativos y cuantitativos de carne.

1.3 Objetivo general

- Generar información sobre las características de la canal y la calidad de carne de terneros de encaste Brahman, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica.

1.4 Objetivos específicos

- Caracterizar la canal de terneros de encaste Brahman destetados a seis y siete meses de edad, en Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica.
- Determinar la terneza, color y perfil lipídico del músculo *Longissimus dorsi lumborum* en terneros de encaste Brahman destetados a los seis y siete meses de edad.
- Evaluar las características organolépticas del músculo *Longissimus dorsi lumborum* a dos y siete días después de cosechado, mediante panel sensorial en terneros de encaste Brahman destetados a los seis y siete meses de edad.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Mercado actual de la carne bovina

En el 2010, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés) predijo un aumento del consumo de carne de res y ternero de un 23% durante el periodo 2010-2019 (OECD-FAO 2010). Sin embargo, en el 2015 el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasificó la carne procesada como cancerígena, generando confusión y despertando preocupación entre los consumidores, provocando un descenso en el consumo de carne bovina durante ese año, esta situación también tuvo repercusiones en el mercado nacional. Afortunadamente, para el año 2016 el comercio mundial de carne bovina incrementó en un 3%, principalmente porque China aumento sus importaciones. Asimismo, se espera que para el 2026 se dé un alza del 13% en la producción mundial de carne en relación con los años 2014-2016 (OECD-FAO 2017). De igual manera, mientras la producción carne de novillas y toros decreció un 7% entre el 2009 y 2014, la carne de ternero aumentó 4% (EUROSTAT 2015). Dicho aumento en la producción y en las importaciones desde China, representan una oportunidad para mejorar el sector ganadero costarricense.

En Canadá la producción de carne de ternero representaba un valor anual de 110 millones de dólares (OVA 2013). Por su parte, en EE. UU. el consumo de carne de ternero en el 2008 era de 1,3 kg por persona por año (USDA 2013). Solo en Reino Unido, para el año 2007, la Comisión de Carne y Ganadería (*Meat and Livestock Commission*) reportó una importación del 95% de las 2 000 toneladas de carne de ternero que se consumen en el país europeo (Bentham 2007). Para el 2008, la UE reporta un consumo promedio de 1,6 kg por persona por año, siendo Francia (4,1 kg) e Italia (3,5 kg) los de mayor consumo (Sans y De Fontguyon 2009).

Del mercado de carne de ternero en Costa Rica no se tienen datos estadísticos que determinen la producción y que permitan realizar proyecciones a futuro.

2.2 Clasificación de la Carne de Ternero

Existen diversas categorías para clasificar la carne de ternero y su diferenciación se basa por el color de la carne, la cual puede ser carne blanca o rosa y es dada por el tipo de dieta suministrada y la edad de sacrificio del animal (Cuadro 1). La carne de ternero blanca o “*veal*” se caracteriza por tener un color rosa grisáceo de textura magra, muy suave y aterciopelada, su alimentación se basa en leche natural o en fórmula, generalmente son criados individualmente y su edad de sacrificio varía entre menos de 21 días hasta 20 semanas de edad, con peso vivo (PV) entre los 22 kg y 136 kg. Por su parte, la carne de ternero rosa o “*calf*” presenta un color rojo grisáceo de textura magra, su alimentación incluye granos y fuentes de fibra, son criados en grupo y su edad de sacrificio se da a más de 18 semanas, con pesos mayores a los 136 kg PV (NAMP 2007).

Cuadro 1. Categorías de clasificación de la carne de ternero.

País	Categoría	Tipo de alimentación	Edad al sacrificio (meses)	Peso vivo al sacrificio (kg)
Unión Europea	<i>Class V</i>	Leche Forrajes y/o Granos	Menos 8	Canales menores a 200
	<i>Class Z</i>	Leche Forrajes y/o Granos	8 – 12	
EE. UU.	<i>Bob veal</i>	Leche	0,7 – 1	55 - 70
	<i>Vealers</i>	Leche	1 – 3	70 - 140
	<i>Special-fed veal</i>	Leche	3 – 5	140 – 225
	<i>Non-special-fed</i>	Granos y forrajes	hasta alcanzar peso	70 – 180
	<i>Calves</i>	Granos y forrajes	hasta alcanzar peso	180 – 225
Canadá	<i>Milk fed veal</i>	Leche	3 – 5	205 – 227
	<i>Grain fed veal</i>	Leche / Granos	1,5 – 2 o hasta alcanzar el peso	296 – 318
Brasil	<i>Vitelo tropical</i> (lechería)	Leche / Granos	1,3 – 2 a 5	170 – 220
	<i>Vitelo pantaneiro</i> (cebú)	Pasturas	8 – 12	180 – 230
	<i>Vitelo tradicional</i> (Holstein)	Leche	5	180

Fuente. Elaboración propia. Basado en Almeida-Júnior (2005), Regulación UE No. 1308/2013 (2013), VFO (2019).

2.3 Valor nutricional de la carne de ternero

El consumo de carne de ternero es parte de una dieta nutricionalmente balanceada y saludable. Este tipo de carne es de fácil digestión, de bajo valor energético (176 kcal/100g) (Cuadro 2), parecido al pescado (143 kcal/100g) y baja en grasa, convirtiéndola en una buena opción para aquellas personas que gustan de cuidar su salud (Koreman *et al.* 2013).

Cuadro 2. Información nutricional de la carne de ternero de los músculos *Longissimus dorsi lumborum et thoracis*, por cada 100 g de carne.

Energía	176 kcal / 699 kJ
Grasa	0,4 – 2,5 g
Fibra	0
Agua	73,8 – 77,5 g
Proteína	20,7 – 23,6 g
Colesterol	60,5 mg
Carbohidratos	0
Vitaminas	
A equivalente	18 µg
B1	0,06 mg
B2	0,13 mg
B3	6,1 mg
B6	0,449 mg
B9 equivalente	6,0 µg
B12	1,71 µg
D	0,1 µg
E	0,3 mg
Minerales	
Sodio	0,053 g
Potasio	427 mg
Magnesio	24 mg
Calcio	5 mg
Fosforo	216 mg
Hierro	0,6 mg

Selenio	7 µg
Yodo	4 µg
Cobre	0,05 mg
Zinc	2,54 mg

Fuente. Elaboración propia. Basado en Koreman *et al.* (2013) y Domaradzki *et al.* (2017).

Se debe tomar en cuenta que la información nutricional presentada en el cuadro anterior son valores medios reportados por varios estudios en Europa, en análisis realizados en los músculos *Longissimus dorsi lumborum et thoracis* y que dichos valores pueden cambiar por efecto genético, sistema de alimentación, género, peso y edad de matanza y duración del consumo de leche, según lo reportado por varios autores, estas características tienen una importante influencia en la composición de la carne de ternero (Pestana *et al.* 2012; Domaradzi *et al.* 2017).

Como se aprecia en el Cuadro 2, aparte de ser un alimento bajo en grasa y alto en proteína, también aporta vitaminas beneficiosas para la salud, por ejemplo, la vitamina A necesaria para la piel y prevenir problemas en la vista. El complejo de vitaminas B ayudan en procesos metabólicos, especialmente B3 en el Ciclo de Krebs, B6 en el desarrollo de músculo, la formación de células sanguíneas y en el ADN y B12 ayuda a prevenir la anemia. La vitamina D es importante para los huesos y dientes, mientras que la vitamina E es un antioxidante. Por su parte, minerales como el sodio y potasio juegan un papel importante en la retención de líquidos del cuerpo, en el sistema nervioso y en los músculos. El magnesio es necesario para los músculos, articulaciones y procesos metabólicos. Calcio y fósforo en la formación de huesos y dientes. El hierro es preciso para mantener un metabolismo saludable e importante para la sangre. El selenio ayuda a aumentar el sistema inmune y ralentizar el proceso de envejecimiento. El yodo ayuda a quemar grasa. El cobre es necesario para mantener células sanguíneas, huesos y cartílagos saludables y en la pigmentación de la piel. Finalmente, el zinc trabaja con nuestro sistema inmune para promover la curación (Koreman *et al.* 2013).

2.4 Desarrollo digestivo de terneros

Es posible producir dos tipos diferentes de carne de ternero debido a que las características digestivas y metabólicas en terneros recién nacidos es diferente a los bovinos adultos. A temprana edad los animales presentan un sistema digestivo monogástrico, ya que aún no se ha desarrollado el rumen-retículo, por tanto, el alimento líquido ingerido en la lactancia pasa por una estructura llamada surco reticular o gota esofágica hacia el abomaso o estomago verdadero. La alimentación sólida puede iniciarse a las pocas semanas de vida del animal, permitiendo el desarrollo de los pre-estómagos e inicio de la actividad microbiana en el rumen, con ello la producción y absorción de ácidos grasos volátiles y nutrientes importantes en la actividad metabólica del animal (Pochón 2002).

En la alimentación de terneros se debe mantener controlada la cantidad de energía, vitaminas y minerales suministradas, especialmente hierro. Falta de este mineral puede ocasionar que los terneros sufran anemia, pero demasiado del mismo hace que la carne se torne de un color rojo muy oscuro (OVA 2013). En la producción de carne de ternero no es suministrado antibiótico a no ser que sea recomendado por un veterinario para tratamiento de alguna enfermedad, tampoco se permite el uso de hormonas promotoras de crecimiento (OVA 2013; USDA 2013).

Por tanto, el efecto de la dieta y la duración de periodo de lactancia pueden causar cambios en la composición del cuerpo y, por ende, en las características de las canales, ya que muchos estudios han reportado diferencias entre animales criados con la madre y recibiendo leche hasta el sacrificio en comparación con animales criados bajo un sistema de producción intensivo (Vieira *et al.* 2005; Florek, 2009; Bispo *et al.* 2010a; Domaradzi *et al.* 2017). Determinar el tipo de alimentación es fundamental para alcanzar los resultados deseados en cuanto a desarrollo y crecimiento del animal y en las características de calidad de carne y cantidad de grasa en la canal (Domaradzi *et al.* 2017).

2.5 Peso pie de finca, peso pie de planta y pesos de la canal

Los detalles de peso en la producción de carne bovina son importantes para determinar los rendimientos en el proceso de industrialización. El peso pie de finca

(PPF) (kg) se toma en el momento que los animales salen de la finca, con el fin de determinar cuánto peso pierde el animal por estrés y manejo en el transporte hacia la planta de sacrificio. El peso final de los animales es influenciado por varios factores, entre los cuales se puede mencionar la genética de los padres, la capacidad de producción de leche de la madre, las condiciones climáticas en las que se desarrolló el animal, el manejo sanitario del hato, la disponibilidad de forrajes y el tipo de dieta suministrada (Martínez *et al.* 2008 citado por Castillo-Umaña *et al.* 2015). Para fines de esta investigación se tomaron PPF en animales de seis y siete meses, esperando pesos entre los 150 kg y 250 Kg (Pérez-Gutiérrez 2017). A diferencia del trópico, en zonas templadas donde se crían animales *Bos taurus* y se brinda otro tipo de alimentación, por ejemplo, en el Reino Unido, se obtienen terneros de seis a siete meses de edad con peso vivo entre los 270 kg y 300 kg para producir canales con pesos por encima de los 150 kg (EBLEX 2011).

El peso pie de planta (PPP) (kg) junto con el PPF, ayudan a determinar cuánto peso pierde el animal durante el transporte de los animales desde la finca hasta la planta de cosecha y la estadía en los corrales de la planta. Las pérdidas de peso por transporte representan entre el 4,6% - 7,3% del peso vivo (PV) en animales transportados entre tres y seis horas desde la finca hasta la planta de sacrificio (Gallo *et al.* 2000). Asimismo, el animal pierde peso durante su estancia en los corrales del matadero por lo que Perry *et al.* (2001) recomiendan que para evitar situaciones de estrés que aumenten la pérdida de peso: (a) el sacrificio se dé en un máximo de 48 horas posteriores a la salida de la finca, (b) el ganado tenga acceso a agua potable durante la estancia en el corral del matadero, (c) el lugar este limpio y sea silencioso y (d) se evite el uso de marcador eléctrico. Todas estas prácticas se realizan con el fin de garantizar la menor pérdida de azúcares y glucógeno de los músculos, evitando la producción de carnes oscuras, firmes y secas (DFD por sus siglas en inglés) con el fin de conservar las cualidades de ternieza, color y textura, y que las canales tengan resistencia a la contaminación microbiana (Hernández-Bautista *et al.* 2013).

Después de concluido el sacrificio, el peso de la canal se mide en dos momentos distintos, peso de la canal caliente (PCC) (kg) y peso de la canal fría (PCF) (kg). El PCC se realiza para saber cuánto peso del animal se pierde al eliminar vísceras, cuero, patas, rabo y cabeza, ayuda a determinar el rendimiento pie a canal. Para realizar el cálculo de rendimiento de la canal se utiliza la fórmula $(PCC/PPP) \times 100$, obteniendo rendimientos entre 50% y 65%, según el sexo, raza, edad y manejo brindado al animal durante su desarrollo (Karolyi *et al.* 2006; Alves 2007).

El PCF se realiza aproximadamente 24 h después del sacrificio del animal, donde las canales se almacenaron en cuartos fríos a una temperatura entre 0 °C – 4 °C (León-Llanos 2009). Junto con el PCC se puede determinar la merma por frío que sufren las canales, ayudando a comprobar la pérdida de humedad durante el enfriamiento y las consecuencias de las reacciones químicas que se llevan a cabo en el músculo durante el *rigor mortis* (Koch *et al.* 1976; Marins 1997 citados por Alves 2007). Menores valores de merma por frío indican mayor probabilidad de que las canales hayan sido manejadas y almacenadas de manera adecuada (Alves 2007).

2.6 Longitud de la canal, largo del tendón de Aquiles y perímetro de la pierna

En cuanto a características descriptivas de la canal, es importante tomar en cuenta ciertas medidas biométricas utilizadas en correlación con el rendimiento en carne del animal tales como la longitud de la canal, el largo del tendón de Aquiles y el perímetro de la pierna. Para la longitud de la canal, la literatura reporta en animales Simental de doce meses un promedio de 136 cm de largo y un perímetro de la pierna de 123 cm (Karolyi *et al.* 2006). El largo del tendón de Aquiles se mide para buscar si existe una correlación con alguna característica de rendimiento de la canal (Rodríguez 2012).

2.7 Área del ojo del lomo

Característica utilizada para determinar la proporción de carne y grasa presente en el músculo *Longissimus dorsi* y con ello apreciar el desarrollo del músculo, el cual se encuentra asociado a rendimientos de la canal y calidad de la

carne. Este parámetro puede ser evaluado *in vivo* a través de ultrasonido o después del sacrificio del animal, una vez seccionada la media canal (Robaina-Piegas y Castro-Díaz 2004). Alves (2007) reporta para terneros criados en el trópico un AOL de 48,28 cm² para animales cruzados Limousin x Nelore y 36,29 cm² para Nelore.

2.8 Temperatura y pH

Durante las primeras 24 h *post mortem* los procesos bioquímicos y los cambios estructurales que se producen en el músculo juegan un papel importante en la calidad de la carne (Savell *et al.* 2005). Estos procesos se ven influenciados por la temperatura de almacenaje, la cual ayuda en la conversión de músculo a carne. Si se presenta un rápido descenso de la temperatura cuando el animal está recién sacrificado con abundante energía en sus músculos, se da un fenómeno llamado "*cold shortening*" o acortamiento de las fibras del músculo por frío (Locker y Hagyard 1963 citados por Savell *et al.* 2005) lo que provoca el endurecimiento de la carne, incluido después de cocinada (Moreno-García 2006). El bajo contenido de grasa subcutánea en las canales de animales jóvenes puede contribuir a la producción de *cold shortening*, sobre todo en terneros que fueron criados con sus madres en pasturas y no recibieron una dieta suplementaria de maíz o ensilaje (Domaradzki *et al.* 2017).

Cuando el músculo se somete, antes del *rigor mortis*, a temperaturas entre 15 °C y 0 °C, el frío induce la liberación de iones Ca²⁺ del retículo sarcoplásmico. Estos iones estimulan en el sarcoplasma la ATPasa de las miofibrillas y su contracción. Se desencadena así una "super contracción" irreversible de los músculos, debida al acortamiento de los sarcómeros, lo que ocasiona la dureza de la carne, que no se resuelve durante la maduración, y que se percibe incluso después de la cocción. La descarga de iones Ca²⁺ puede ser invertida (es decir, los iones Ca²⁺ pueden volver a ser recapturados o secuestrados) con facilidad por los músculos "blancos", que tienen un retículo sarcoplásmico bien desarrollado (Moreno-García 2006), esto explica porque la carne de cerdo, pollo y pescado es menos susceptible al acortamiento por el frío que los músculos más rojos de las canales de vacuno y de cordero.

Para evitar este efecto se debe mantener la temperatura controlada de las canales, a temperaturas mayores de 10 °C -12 °C hasta la instauración de la rigidez cadavérica, es decir, hasta que hayan alcanzado un pH menor de 6,2 - 6,0 (Savell *et al.* 2005). Pasado este tiempo, pueden ser sometidas a enfriamiento rápido sin temor a que se presente el acortamiento por el frío. Es aconsejable introducir procedimientos de higiene y descontaminación superficial de las canales para frenar el crecimiento de los microorganismos (Moreno-García 2006).

Como se mencionó anteriormente, otro factor importante en la transformación de músculo a carne es el pH, el cual disminuye por la acción del ácido láctico producido como resultado de la glucólisis anaeróbica después de desangrado el animal (Savell *et al.* 2005; Quiroz-Osorio *et al.* 2016). El glucógeno muscular y el ATP producen la síntesis de ácido láctico después del sacrificio del animal y el pH disminuye de 7,0 a aproximadamente 5,3 a 5,8 en un tiempo de 18 h 40 h *post mortem* (Savell *et al.* 2005). El estrés durante el transporte, el manejo de los animales en el corral de matanza y otros factores como la nutrición del animal, influyen al agotamiento del glucógeno muscular, produciendo pH final mayor a 6,0, afectando la calidad de la carne, ya que se obtienen carnes DFD (Pozo 1993). De igual manera, si no se da un ayuno adecuado 24 h antes del sacrificio, el animal tendrá mucha energía en forma de glucógeno y producirá mucho ácido láctico generando una acidez muy baja, que tampoco es un resultado deseable en la carne (Chacón 2004).

2.9 Calidad de la carne

Ripoll *et al.* (2013) afirman que identificar y producir productos de calidad abre nichos de mercado que permite a los ganaderos expandir la producción. La calidad no tiene una definición específica o concreta, sino que abarca diversos factores como el manejo de las condiciones higiénicas y sanitarias durante el sacrificio, el procesamiento y conservación de la carne, así como la presencia de sustancias extrañas que puedan contaminar el producto en el proceso de industrialización (Felicío 2000; Chacón 2004).

En el caso de calidad de carne, es necesario tomar en cuenta ciertos atributos o cualidades organolépticas y sensoriales para satisfacer las necesidades del consumidor (Felício 2000). La calidad de la carne se encuentra asociada a su color, aspecto, textura, sabor, aroma, jugosidad y, sobre todo, terneza (Carduza *et al.* 2002). La calidad de estas características se ve influenciada principalmente por la especie animal, la raza, el sexo, la alimentación, el sistema de producción, el tipo de fibra muscular, la grasa presente en los músculos, el pH y la temperatura *post mortem* y el empaque y almacenamiento de la carne hasta que llegue al consumidor (Savell *et al.* 2005; Domaradzki *et al.* 2017). Asimismo, Felício (2000), considera de gran importancia el valor nutritivo de la carne y sus aportes a la salud humana.

2.10 Grasa de cobertura

Es importante valorar la grasa de cobertura presente sobre los músculos, la cual dará características de calidad a los cortes de carne (León-Llanos 2009). En el caso de la carne de ternero, se espera que la cobertura de grasa sea baja, debido a que son animales jóvenes que aún no tiene la capacidad de depositar grasa y han recibido dietas bajas en lípidos (Domaradzki *et al.* 2017). Diversos investigadores afirman que la grasa de cobertura en carne de ternero producida en países europeos presenta niveles inferiores a dos según la Regulación UE No. 1308/2013, es decir, leve cobertura de grasa con carne visible en casi todas partes (Litwińczuk *et al.* 2013; Terler *et al.* 2014), aunque dependiendo de la raza y el sistema de producción otros autores han encontrado terneros con una cobertura de grasa entre 3 y 3+ (carne casi en todas partes cubierta de grasa, pequeños depósitos de grasa en la cavidad torácica) (Revilla y Vivar-Quintana 2006).

El color de la grasa depende de la dieta del animal, principalmente por los pigmentos liposolubles (betacaroteno) consumidos a través de la ingesta del pasto o concentrado y por la capacidad que tiene el animal para degradarlo (Inostroza 2018). Según Inostroza (2018), hay estudios que demuestran que el color y la cantidad de caroteno en sangre no se relacionan con la edad y género del animal, sin embargo, si un animal ha sido manejado bajo un sistema de pastoreo, cuanto más edad, tendrá mayor concentración de pigmentos liposolubles en la grasa,

debido a que los bovinos naturalmente no tienen la capacidad de degradar los carotenos, ello hace que la grasa se torne de color crema o amarillenta.

En terneros, por lo general, no se realiza terminación, por ende, los resultados de la proporción de grasa visceral, intramuscular, intermuscular y subcutánea se espera que sean bajos o nulos (Domaradzki *et al.* 2017).

2.11 Maduración de la carne

La maduración de la carne de bovinos es un proceso *post mortem* que se realiza con el fin de mejorar las características organolépticas de la carne. Para una adecuada maduración, la carne se maneja en refrigeración a una temperatura de 0 °C – 5 °C y humedad relativa de 60% - 85% durante varios días en canales, medias canales o cuartos, si es maduración en seco o empacada al vacío si es maduración en húmedo. Durante este proceso ocurre la degradación natural de las proteínas ligadas al ablandamiento de los tejidos (Chacón 2004; Oliven-García *et al.* 2013). La maduración de la carne además de contribuir con la suavidad mejora el sabor y el aroma (Perry 2012).

El proceso de maduración de la carne se debe a la acción de sistemas enzimáticos relacionados con el pH durante el *rigor mortis*, donde entran en juego principalmente las proteinasas neutras activadas por calcio o calpaínas, que son proteinasas intracelulares citosólicas dependientes de Ca^{2+} , y entre ellas se encuentran la μ -calpaína, que tiene como función degradar las proteínas miofibrilares del músculo, y la calpastatina, la cual inhibe la actividad enzimática de la μ -calpaína, impidiendo que se realice la maduración rápida de la carne (Chacón 2004; Inostroza 2018).

La literatura reporta que en animales *Bos indicus* existe mayor expresión de calpastatinas en comparación *Bos taurus* (Pringle *et al.* 1997 citados por Alves 2007), por tanto, la raza *B. indicus* sufre menor degradación de las proteínas, lo que se traduce a mayor tiempo de maduración para obtener carne más suave y de menor resistencia al corte.

Ripoll *et al.* 2013 y Florek *et al.* 2015 aseguran que el manejo *post mortem* de las canales bovinas, especialmente la de terneros, podían afectar significativamente la fuerza de corte, incluso después de la maduración de la carne, debido a que los terneros, especialmente los que reciben una alimentación solo de leche, presentan bajos niveles de grasas subcutánea y si estos se refrigeran demasiado rápido podría ocurrir *cold shortening*, resultando en músculos excesivamente acortados, impidiendo obtener terniza (Razminowicz *et al.* 2006; Muchenje *et al.* 2009; Ripoll *et al.* 2013).

La pérdida de peso por cocción depende del método de cocción, el tiempo y la temperatura (Pearce *et al.* 2011). Moreno *et al.* (2006) y Serra *et al.* (2008) mencionan que la carne de ternero al presentar bajo contenido de grasa no debería de sobre cocinarse debido a que pérdida por cocción está relacionada negativamente con la jugosidad y la terniza.

2.12 Color de la carne

El color es una de las características sensoriales más importantes que toman en cuenta los consumidores como parámetro al momento de comprar carne de calidad (Carduza *et al.* 2002). El color de la carne se encuentra influenciado por diversos factores como pH muscular, temperatura *post mortem*, características de la superficie del músculo, sistema de alimentación y período de almacenamiento del producto, por lo tanto, la alteración de estos factores puede afectar la calidad de la carne (Carduza *et al.* 2002; Alves 2007).

El color del músculo es determinado por la estructura, la concentración y estado redox de los pigmentos de la carne, principalmente la mioglobina, la cual depende de factores *ante mortem* como la raza, el sexo, la dieta y la edad de los animales, y factores *post mortem* como el correcto aturrido y sangrado, el manejo de la cadena de frío y el empaquetado (Mancini y Hunt 2005).

Varios autores han demostrado que existe un incremento del total de pigmentos del músculo conforme aumenta la edad, especialmente después de los 24 meses (Serra *et al.* 2004; Moon *et al.* 2006), los músculos se vuelven más

oscuros como resultado del incremento en la actividad física y en el tiempo en las pasturas (Florek *et al.* 2015).

Mediante un colorímetro llamado Espectrofotómetro de Reflectancia, se pueden realizar evaluaciones objetivas para determinar el color de la carne, estimando los factores que intervienen en las diferencias de color y luminosidad, así como la proporción y estado de los pigmentos naturales responsables del color en la carne, la mioglobina y la hemoglobina (Carduza *et al.* 2002).

La mioglobina representa hasta el 90% de los pigmentos totales en bovinos adultos, por lo tanto, es importante considerar la cantidad y el estado químico de esta. El contenido de mioglobina se encuentra influenciado por efectos ambientales y poco influenciado por efecto genético y su concentración en los músculos varía según el sexo, edad, localización anatómica del músculo y la actividad física (Alves 2007).

Para determinar el color del músculo, muchos países como Australia y EE. UU. cuentan con parámetros que ayudan a evaluar las canales bovinas y comprobar si éstas cumplen los estándares de referencia de color (USDA 2017; AUS-MEAT 2020), pero no existe un procedimiento general de medición del color de la carne (Alves 2007). La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE por sus siglas en francés) determinó un sistema para describir el color de los alimentos llamado CIE $L^* a^* b^*$ o CIELAB. En esta prueba se obtienen valores para tres colores primarios con los cuales se calcula las coordenadas de color L^* (luminosidad o brillo, de blanco a negro), a^* (índice rojo-verde) y b^* (índice amarillo-azul). De estas medidas, la más importante es L^* ya que determina que tan claro (valor de 100) u oscuro (valor de 0) es un músculo.

La luminosidad L^* es un componente del color que está relacionado con la cantidad de agua en el tejido y la evolución de las relaciones bioquímicas *post mortem* (Oda *et al.* 2004). El componente a^* que indica el color rojo (valor positivo de 0 a 60) se encuentra asociado al contenido de oximioglobina en el músculo (Sañudo *et al.* 1997). Por su parte, el componente b^* en las carnes indica la cantidad

de color amarillo (valor positivo de 0 a 60) y se está asociado a los pigmentos carotenoides depositados en la grasa del animal (Oda *et al.* 2004).

En la literatura se menciona que la carne de ternero presenta colores más claros que la carne de bovinos adultos debido a una menor concentración de mioglobina (Alves 2007; Inostroza 2018). En una revisión de literatura realizada por Domaradzki *et al.* en el 2017 reportan valores de L^* entre 35,80 a 42,45 para el músculo *L. dorsi* en terneros de seis a siete meses de edad. Por su parte, Albertí *et al.* (2016) clasifican la carne comercial "Blanca" con un parámetro de L^* mayor a 50 y "Rosada" con L^* entre 36 y 42.

Los valores de a^* y b^* en el músculo *L. dorsi* en animales jóvenes puede variar entre 8,70 a 23,87 y 3,62 a 8,80, respectivamente (Domaradzki *et al.* 2017). Asimismo, con estos datos se pueden obtener dos parámetros que ayudan a caracterizar la carne, el croma (C) y el tono (h). El croma $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, es la intensidad del color o el grado de saturación (débil, moderado o fuerte) y está determinado por la cantidad de pigmento del músculo (mioglobina). En relación con el tono ($\arctan b^*/a^*$), indica el estado químico de ese pigmento y es útil para medir el cambio de color con el tiempo, entre mayores son los valores indican menos rojo (AMSA 2012; Albertí *et al.* 2016).

2.13 Terneza de la carne (Kg)

Las estructuras y funciones del músculo son las responsables primarias de la terneza. El temperamento de los animales, el manejo en finca, el tamaño del músculo, la localización del músculo en el animal, la especie, el sexo, factores genéticos y procesos industriales son factores que influyen en la suavidad de la carne (Chacón 2004; Inostroza 2018). En adición, Alves (2007) afirma que la terneza se encuentra altamente influenciada por factores ambientales mientras que moderadamente influenciada por factores genéticos.

Asimismo, el contenido de grasa intramuscular o marmoleo puede ayudar en la suavidad de la carne (Moon *et al.* 2006). El bajo contenido de grasa subcutánea y un rápido descenso de la temperatura de almacenamiento de las canales después

del sacrificio desencadena el *cold shortening*, el cual puede tener un efecto en la suavidad, la jugosidad y el aroma de la carne (Ynsaurralde *et al.* 2016).

Las características estructurales y cambios bioquímicos *post mortem* de las proteínas miofibrilares, el tejido conectivo compuesto por colágeno y elastina, y en menor medida la grasa intramuscular ó "marmoleo", son factores que se encuentran relacionados con la textura de la carne (Chacón 2004).

La cantidad de colágeno es el principal factor de variación de la terneza (Garriz 2001). En terneros, el contenido de colágeno varía entre 0,6% y 1,8% (Monteiro *et al.* 2013; Domaradzki *et al.* 2017), y el porcentaje de colágeno soluble varía entre 16,8% y 21,9%, además, entre más joven sea el animal más bajo será el contenido de colágeno y más alta su solubilidad (Domaradzki *et al.* 2017). Domaradzki *et al.* (2013) reportan niveles de colágeno total de 0,9% y 37,9% de colágeno soluble en terneros de 50 días a 60 días de edad .

La terneza se evalúa en muestras de carne cocida y bajo condiciones controladas (Garriz 2001). Para medir la fuerza de corte (kg) se emplea el método Warner-Bratzler Shear Force (WBSF) donde se utiliza el instrumento Warner-Bratzler, que determina la resistencia al corte y evalúa la suavidad de las fibras musculares mediante la medición de la fuerza necesaria para cortar por la mitad un cilindro de carne de 1,27 cm de diámetro (McKenna 2012).

Boleman *et al.* (1997) citados por Domaradzki *et al.* (2017) propusieron las siguientes categorías de terneza para cortes bovinos jóvenes utilizando el método WBSF: tierna de 2,27 a 3,58 kg, moderada de 4,08 a 5,40 kg, y dura 5,90 a 7,21 kg. Monteiro *et al.* 2013 reportan promedios de 5,12 kg fuerza de corte para terneros de menos de doce meses de edad. Considerando las afirmaciones anteriores, se espera que la carne de ternero sea estimada moderadamente tierna (Domaradzki *et al.* 2017).

2.14 Panel sensorial

Un panel sensorial se realiza con el fin de evaluar las cualidades organolépticas de un producto a través de los órganos sensoriales. El panel

sensorial pretende describir y diferenciar los productos. Para ejecutar las pruebas sensoriales se aplica una encuesta que cada panelista debe responder de forma clara y precisa, donde se expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, el documento de la encuesta no debe generar dudas e interpretaciones personales y el fin principal es someter las características de sabor, textura, color, entre otras características de los alimentos, a detallados test antes de ser lanzados al mercado o para determinar que producto es mejor que el otro. Se utilizan escalas para la calificación de las muestras. Las ventajas que presenta una prueba sensorial se refieren a: (i) fácil de organizar, (ii) fácil de realizar, (iii) el análisis estadístico es rápido y (iv) no requiere repetición. Sin embargo, como desventajas: (i) se obtiene poca información, (ii) alta probabilidad de error, (iii) magnitud de preferencia y (iv) la razón de la preferencia no se conoce (Sánchez y Albarracín 2010).

Para llevar a cabo una prueba de panel sensorial es necesario el uso de una escala hedónica, la cual es una técnica utilizada para medir las preferencias y estados psicológicos del consumidor. Se logra mediante la medición de la reacción humana como elemento indirecto para evaluar un producto y calcular su posible aceptación en el mercado. Durante la encuesta se le pide al consumidor que mida el nivel de aceptación o desagrado de un producto a través de una escala verbal-numérica (Ramírez-Navas 2012). Generalmente las escalas cuentan con siete o nueve puntos para realizar los estudios, estos puntos deben ser un número impar para que el punto central sea neutral, que corresponde a “no me gusta ni me disgusta” (Drake 2007; Ramírez-Navas 2012; Stone 2012).

La terneza, jugosidad, sabor y aceptabilidad del producto se evalúa subjetivamente, mediante un panel sensorial donde se utilizan degustadores entrenados y consumidores, en términos numérico-descriptivos de una escala sensorial o de preferencias.

2.15 Perfil de ácidos grasos

La grasa juega un papel importante en el desarrollo de funciones fisiológicas, inmunológicas y estructurales en los seres humanos (Cabezas-Zábala *et al.* 2016).

Los ácidos grasos además de estar relacionados con la salud humana se asocian a la calidad de la carne, ya que afectan el color y sabor de ésta (Inostroza 2018). La grasa y la composición de ácidos grasos presentes en la carne está determinado por la raza del animal, la dieta, la edad, el peso al sacrificio y la duración de la lactancia (Aldai *et al.* 2012; Pestana *et al.* 2012), siendo la dieta el factor más importante en la composición de lípidos (De Smet *et al.* 2004; Inostroza 2018).

En la grasa bovina se pueden encontrar los ácidos grasos saturados (SFA) necesarios para algunas funciones fisiológicas y estructurales (Cabezas-Zábala *et al.* 2016), sin embargo, también están relacionados con patologías cardiovasculares (Inostroza *et al.* 2012), y ácidos grasos polinsaturados y monoinsaturados (PUFA y MUFA respectivamente) los cuales son esenciales en la dieta humana (Kouba y Mouroit 2011; Inostroza *et al.* 2012; Inostroza 2018). Igualmente, el ácido linoleico conjugado (CLA) es un ácido graso esencial para el consumo humano (Keating *et al.* 2006; Inostroza *et al.* 2012), ya que nuestros organismos no tienen las enzimas necesarias para sintetizarlos (Cabezas-Zábala *et al.* 2016).

La carne de ternero es codiciada en diversos países por su bajo contenido de grasa, generalmente menos de 2,5%, por ser de fácil digestión y de bajo contenido calórico (Vieira *et al.* 2005; Miotello *et al.* 2009; Aldai *et al.* 2012; Pardon *et al.* 2014). Los SFA componen entre el 33,99% y el 52,40% del total de ácidos grasos presentes en la grasa intramuscular de la carne de ternero (Domaradzki *et al.* 2017). El consumo excesivo de algunos SFA, acompañado por estilos de vida sedentarios pueden afectar la salud promoviendo el aumento de colesterol total y colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad) o colesterol malo (Cabezas-Zábala *et al.* 2016).

Los MUFA representan entre el 29,38% y 51,00% (Domaradzki *et al.* 2017). Los MUFA optimizan la sensibilidad a la insulina (Tierney y Roche 2007; Kien 2009) y han demostrado disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares disminuyendo el colesterol LDL, asimismo incrementa la expresión de genes antiinflamatorios y la concentración de ácido oleico en sangre y tejido adiposo (Covas *et al.* 2006; Van Dijk *et al.* 2009).

Por su parte, los PUFA se encuentran en menor cantidad, variando entre 5,35% y 30,80% (Domaradzki *et al.* 2017) y su consumo favorece el control de la presión arterial, la coagulación de la sangre, la función endotelial y la resistencia a la insulina, lo cual ayuda en la prevención y tratamiento de síndrome metabólico, una patología formada por un conjunto de anomalías metabólicas que aumentan el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus tipo 2 (Matía-Martín *et al.* 2007).

Finalmente, los ácidos grasos esenciales como el linoleico, son necesarios para el crecimiento y desarrollo, además para mantener una buena salud (Cabezas-Zábala *et al.* 2016). Carrillo-Fernández *et al.* (2011) mencionan entre sus principales funciones el ser reguladores metabólicos en los sistemas cardiovascular, inmune, secretor y reproductor, así como el papel importante que juegan en la preservación de la funcionalidad de las membranas celulares y la participación en los procesos de transcripción genética.

Para comparar la calidad nutritiva de las grasas se han desarrollado índices con el objetivo de relacionar la proporción entre los diferentes ácidos grasos presentes en los alimentos, los cuales son el índice aterogénico (IA) y el índice trombogénico (IT) (Gómez-Barrio 2018). El IA es la relación entre la suma de los principales SFA y los principales ácidos grasos insaturados, los SFA favorecen la formación de placas de ateroma, es decir, la adhesión de lípidos a las células del sistema inmunológico y circulatorio, por su parte, los insaturados inhiben la formación de la placa y disminuyen los niveles de colesterol y fosfolípidos, previniendo la aparición de enfermedades coronarias. El IT muestra la capacidad de un alimento para producir trombosis o embolia (tendencia a formar coágulos en los vasos sanguíneos) y es la relación entre SFA (pro-trombogénicos) y MUFA, PUFA – n6 y PUFA – n3 (anti-trombogénicos) (Ghaeni *et al.* 2013 citados por Gómez-Barrio 2018). En la literatura se encuentra poca información sobre estos índices y aún no se tiene certeza de cuáles son los rangos de referencia, por lo que empezar a incluir estos datos en las tablas de composición lipídica de la carne es muy importante.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El estudio se llevó a cabo en cuatro etapas. La primera etapa se realizó en la Unidad de Ganado de Carne de finca La Vega de la Escuela de Agronomía, en el Campus Tecnológico Local San Carlos del Tecnológico de Costa Rica, ubicada en la comunidad de La Vega del distrito de Florencia en el cantón de San Carlos, provincia de Alajuela. La localidad se encuentra a una altura de 86 msnm, en las coordenadas 10°25'20.98" norte y 84°31'17.57" oeste. En cuanto a condiciones climáticas presenta una temperatura promedio de 26,5 °C, una humedad relativa de 85% y una precipitación de 3 400 mm anuales.

La segunda etapa, se llevó a cabo en la planta de procesamiento de Coopemontecillos R.L., ubicada en el distrito de San Antonio del Tejar en la provincia de Alajuela.

La tercera etapa, se ejecutó 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, en el Campus Tecnológico Local San Carlos del Tecnológico de Costa Rica, en Santa Clara, Florencia de San Carlos, Alajuela.

La cuarta etapa, se realizó en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica (UCR), Sede Rodrigo Facio, en San Pedro de Montes de Oca, San José.

3.2 Periodo de estudio

El desarrollo de las cuatro etapas que comprendió el estudio fueron evaluadas durante los meses de abril a noviembre del 2018 en sus respectivos lugares.

3.3 Área experimental

El material experimental se conformó por catorce animales machos de encaste Brahman (Figura 1), provenientes del mismo hato y con iguales condiciones de manejo, alimentación y sanidad. Los mismos fueron criados a libertad, es decir, estuvieron con sus madres en pastizales abiertos con disponibilidad de leche,

pasturas, minerales y agua dulce. Además, fueron castrados quirúrgicamente a las dos semanas de edad. Los animales se identificaron y se dividieron al azar en dos grupos de siete animales cada uno, el primer grupo (Tratamiento 1) se cosechó a los seis meses de edad (26 semanas) y el segundo grupo (Tratamiento 2) a los siete meses y medio de edad (32 semanas) (Figura 2), dicha identificación sirvió para llevar la trazabilidad durante todas las etapas en estudio.



Figura 1. Terneros de encaste Brahman en estudio, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica, 2018.



Figura 2. Aretes de identificación de los terneros en estudio, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica, 2018.

3.4 Variables de respuesta estudiadas

En esta investigación se determinó una serie de variables cuantitativas y cualitativas durante cuatro etapas de estudio.

Primera etapa: Finca La Vega

3.4.1 Peso pie de finca (PPF)

Una vez alcanzada la edad de cosecha de los animales seleccionados (26 y 32 semanas respectivamente para cada grupo) mediante una balanza conectada a

un indicador electrónico Tru-Test, utilizado para disminuir el riesgo de variación en las mediciones, se registraron de manera individual los pesos (kg) de los animales antes de salir de la finca hacia la planta de sacrificio.

Segunda etapa: Coopemontecillos R.L.

Los animales se transportaron a la planta de procesamiento Coopemontecillos R.L. Al llegar a la planta, fueron ubicados en un corral separado durante un período de doce horas, donde se brindó descanso a los animales con libre acceso a agua.

3.4.2 Peso pie de planta (PPP)

Se llevó a cabo antes del sacrificio, utilizando una balanza electrónica ubicada en la zona de pre-aturdimiento de la planta de cosecha. Este peso fue tomado con el fin de obtener la merma durante el desplazamiento de los animales de la finca a la planta de cosecha y su estadía en la misma, y para determinar el rendimiento de la canal.

3.4.3 Peso canal caliente (PCC)

Se registró el peso de la canal caliente con una balanza electrónica ubicada en la línea de sacrificio de la planta de cosecha (Figura 3).



Figura 3. Registro del peso de la canal caliente (PCC) de los terneros de encaste Brahman en la línea de sacrificio en la planta de Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.4 Conformación muscular

Para definir la conformación muscular de las canales se usó la metodología del Sistema de Clasificación de Canales de la Corporación Ganadera Nacional (CORFOGA) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Guía para la determinación de la conformación muscular de la canal según perfil, amplitud y prominencia.

Tipo de músculo	Caracterización de la canal
Grado 1	Presenta un perfil convexo-rectilíneo con amplitud en ambos cuartos. La región del lomo es prominente
Grado 2	Presenta un perfil rectilíneo con amplitud en ambos cuartos. La región del lomo y el costillar parecen "llenos"
Grado 3	Presenta un perfil cóncavo, escasa amplitud y costillar marcado. Canales descarnadas
Grado 4	Presenta un perfil cóncavo-ultra cóncavo. Canales desmarcadas y angulosas, típico de vacas lecheras

Fuente. CORFOGA 2002.

3.4.5 Cobertura de grasa y coloración de la grasa

De la misma forma se determinó la cobertura de grasa (Cuadro 4) y el color de la grasa (Cuadro 5) usando la metodología del Sistema de Clasificación de Canales de CORFOGA.

Cuadro 4. Guía para la determinación de tipo de grasa de cobertura según distribución en la canal y grosor.

Tipo de cobertura	Caracterización en la canal
Grasa 1	Sin presencia de grasa, o presencia de una ligera capa muy delgada
Grasa 2	Parcialmente distribuida en la canal, el grosor no excede en 1 cm
Grasa 3	Ampliamente distribuida en toda la canal, el grosor excede en más de 1 cm

Fuente. CORFOGA 2002.

Cuadro 5. Guía para la determinación de la coloración de la grasa de cobertura en las canales bovinas.

Color de grasa	Caracterización en la canal
Color 1	Grasa de color blanca a rosada
Color 2	Grasa de color crema a amarilla
Color 3	Grasa de color amarillo intenso

Es importante aclarar que la determinación de la conformación muscular, la cobertura y el color de la grasa fue realizada por una persona calificada en identificar el grado de caracterización que presentó cada canal.

3.4.6 Peso canal fría (PCF)

Se registró el peso de la canal con una balanza electrónica a las 24 horas *post mortem*, antes de que las canales ingresaran a la línea de deshuese.

3.4.7 Longitud de la canal, longitud del tendón de Aquiles y perímetro de la pierna

Las mediciones se realizaron con una cinta graduada en centímetros (cm). En el caso de la longitud de la canal se midió desde el extremo posterior del Isquion hasta el punto anterior del esternón. La longitud del tendón de Aquiles se tomó del extremo distal al extremo proximal del tendón de Aquiles. Por su parte, el perímetro de la pierna se midió en el punto de máxima circunferencia de esta.

3.4.8 Temperatura (°C) y pH

Se realizaron mediciones de temperatura (°C) y pH 24 horas *post mortem*, con un pH-metro Hanna Instruments Meat pH Meter HI 99163, diseñado para trabajar en la industria cárnica, especial para registrar ambas variables. Para tomar las medidas, se realizó un corte transversal previo al deshuese, entre la doceava y treceava costilla, a nivel del músculo *Longissimus dorsi lumborum*, seguidamente se introdujo la punta de acero inoxidable de 2,54 cm del pH-metro en el músculo, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. pH-metro Hanna Instruments Meat pH Meter HI 99163 utilizado para medir la temperatura (°C) y el pH de las canales de terneros de encaste Brahman 24 horas post-mortem, Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.9 Área del ojo del lomo (AOL)

Se evaluó el AOL a las 24 horas *post mortem*. En el mismo corte transversal entre la doceava y treceava costilla, a nivel del *Longissimus dorsi lumborum*, se colocó sobre el área expuesta una plantilla cuadrículada transparente (USDA 2007) (Figura 5), y se contó el número de puntos que se superponen sobre el músculo *Longissimus dorsi*, después se multiplicó la cantidad de puntos obtenidos por 6,45 para determinar el área del ojo del lomo en cm² de cada media canal.



Figura 5. Área del ojo del lomo tomada con la plantilla cuadrículada transparente recomendada por la USDA, Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.10 Color del músculo

La medición de color del músculo se realizó con espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0, en el mismo corte transversal entre la doceava y treceava costilla (Figura 6), a nivel del músculo *Longissimus dorsi lumborum* a las 24 horas *post mortem*, con el fin de determinar los parámetros L^* a^* b^* , que es el espectro de la gama de colores, donde L^* representa el brillo o luminosidad, siendo $L^*= 0$ carne más oscura y $L^*= 100$ es carne más blanca; a^* la medición del color rojo/verde, donde a^* con valores negativos de -60 a 0 es verde y a^* con valores positivos de 0 a 60 es rojo; y finalmente b^* que representa el color azul/amarillo, donde b^* con valores negativos de -60 a 0 es azul y b^* con valores positivos de 0 a 60 es amarillo. La medición fue tomada posterior de medir de pH y AOL, con el propósito de dar aproximadamente diez minutos de tiempo (*Bloom time*), para que la mioglobina de la carne reaccionara con el oxígeno y pasara de un estado químico de deoxi-mioglobina a oxi-mioglobina.



Figura 6. Espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0 utilizado para medir los parámetros de color L^* , a^* , b^* de las canales de terneros de encaste Brahman 24 horas *post mortem*, Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tercera etapa: Laboratorio Nacional de Carnes

3.4.11 Preparación de las muestras para la maduración

De cada canal, se tomó aproximadamente 1 kg del músculo *Longissimus dorsi lumborum* (lomo ancho), de cada media canal. De cada uno, se seccionó una

muestra de aproximadamente 80 gramos que se identificó conforme al ID del animal y al número de canal y se empacó al vacío. El resto del lomo ancho igualmente se identificó y empacó al vacío (Figura 7). Todas las muestras se colocaron en una hielera entre los 4 °C y 7 °C de temperatura. Las muestras de 80 gr. fueron trasladadas el mismo día al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica (UCR). De igual manera los lomos fueron trasladados ese mismo día al Laboratorio Nacional de la Carne en el Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Local de San Carlos, para realizar las pruebas de fuerza de corte, color y panel sensorial.



Figura 7. Empacado al vacío de los músculos *Longissimus dorsi lumborum* de los terneros de encaste Brahman. A. Lomos etiquetados y empacados al vacío para su posterior salida de la planta de cosecha. B. Muestras enviadas al Laboratorio Nacional de la Carne. C. Muestras de 2 cm de grosor enviadas al CINA-UCR. Coopemontecillos R. L., Alajuela, Costa Rica, 2018.

Una vez en el laboratorio, cada lomo de carne se cortó con la ayuda de una guía de corte en bistecs de una pulgada de ancho (2,54 cm) (Figura 8.A), según el protocolo establecido por el AMSA (2016). Para cada bistec de cada muestra se asignó al azar el periodo de maduración (dos y siete días) y la prueba (fuerza de corte y panel sensorial) de la siguiente manera, M2 fuerza de corte a los dos días; M7 fuerza de corte a los siete días; P2 panel sensorial a los dos días; y P7 panel

sensorial a los siete días (Figura 8.B). Seguidamente, las muestras debidamente rotuladas y empacadas al vacío (Figura 8.C) se colocaron en refrigeración según cada periodo de maduración a una temperatura de 4°C en un refrigerador McCall Modelo 1-1020.



Figura 8. Preparación de las muestras de bistec del músculo *Longissimus dorsi lumborum* que fueron utilizadas para las pruebas de terneza y panel sensorial. A. Guía para el corte de los bistecs con un grosor de 2,64 cm. B. Rotulación de las bolsas de empaque de acuerdo con la prueba a realizar y los días de maduración. C. Muestras de bistec empacadas al vacío y listas para ser refrigeradas para su respectiva maduración. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.12 Preparación de las muestras para la cocción

3.4.12.1 Sinéresis

Concluido el tiempo de maduración correspondiente, se retiró la muestra del empaque plástico y se pesó en una balanza electrónica portátil OHAUS Scout Pro SPU2001, luego se pesó la bolsa con el líquido (sinéresis), se secó el líquido y se pesó de nuevo la bolsa, por lo que debido a la diferencia se obtuvo peso de la muestra, peso de la bolsa y peso de líquido.

3.4.12.2 Color

Los bistecs se expusieron al contacto de oxígeno por un periodo de diez minutos (*Bloom time*) (Figura 10.A), luego se midió el color del músculo *Longissimus dorsi lumborum* con el fin de determinar L^* a^* b^* en los periodos de maduración a los dos y siete días (Figura 9). La medición fue tomada en un bistec de cada

muestra, bajo el mismo método utilizado en la evaluación del color del músculo previo al deshuese.



Figura 9. Espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 45/0 utilizado para medir los parámetros de color L*, a*, b* de los bistecs del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de terneros de encaste Brahman a los 2 y 7 días de maduración, Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.12.3 Cocción

Posteriormente, se cocinaron en un horno VULCAN precalentado a 163 °C, donde la temperatura fue monitoreada con termocuplas tipo T que se insertaron en el centro geométrico de cada bistec, las cuales se encontraban conectadas (Figura 10.C) a un grabador de temperaturas Barnant 692-000 Benchtop, Barrington, IL (Figura 10.B). Cuando cada bistec alcanzó la temperatura de 50 °C se voltearon hasta alcanzar la temperatura final de 71 °C.

3.4.12.4 Pérdidas por cocción

Luego de la cocción, los bistecs se dejaron reposar hasta alcanzar temperatura ambiente con el fin de que los jugos internos posterior a la cocción se redistribuyeran en la muestra. Finalmente, se registraron de nuevo los pesos de cada bistec para determinar el porcentaje de pérdida por cocción. En el caso de la preparación de las muestras para la cocción durante el panel sensorial se lleva a cabo el mismo

procedimiento, pero se omiten los pasos de registro de pesos antes y después de la cocción y la toma de color.



Figura 10. Preparación para cocción de los bistecs del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de terneros de encaste Brahman. A. Oxigenación de los bistecs. B. Grabador de temperaturas Barnant para la correcta cocción de las muestras. C. Cocción de las muestras, las cuales se encuentran conectadas a las termocuplas que indican la temperatura interna a la que se encuentran. D. Bistecs cocinados a una temperatura de 70°C. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.13 Fuerza de corte

De cada muestra se extrajeron entre siete y diez cilindros con un diámetro de 1,27 cm de manera paralela a la orientación de la fibra del músculo (Figura 11.C), con la ayuda de un taladro DeWalt, modelo Dw 107 (Figura 11.A), acoplado a un sacabocados cilíndrico de media pulgada (Figura 11.B). Finalmente, cada cilindro fue cortado de manera perpendicular a la orientación de la fibra muscular (AMSA 2016) utilizando un texturometro Warner-Bratzler de cuchilla en forma de V (Figura 12).

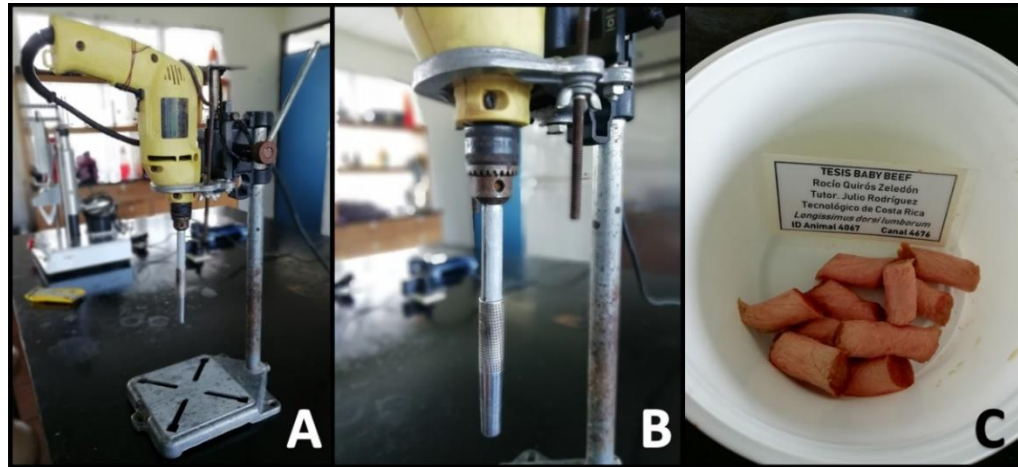


Figura 11. Elaboración de cilindros extraídos de los bistecs del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de terneros de encaste Brahman. A. Taladro DeWalt Modeo Dw 107 acoplado con un sacabocado cilíndrico. B. Detalle del sacabocados. C. Cilindros extraídos para realizar la prueba de fuerza de corte. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.

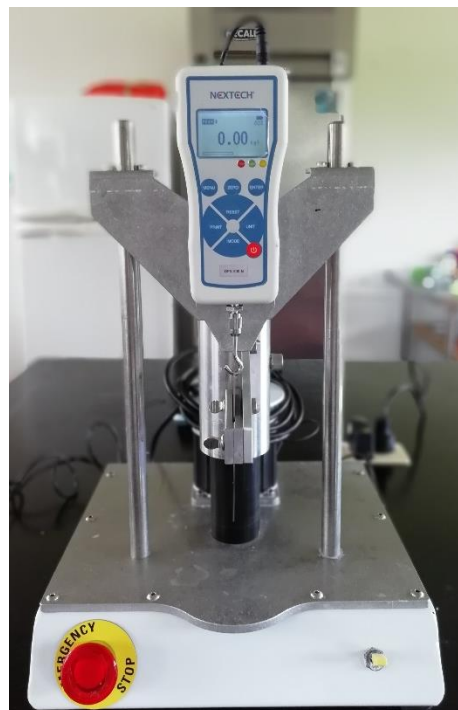


Figura 12. Texturometro con cuchilla en V Warner-Bratzler utilizada para realizar la prueba de fuerza de corte en el lomo ancho *Longissimus dorsi lumborum*. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.4.14 Panel sensorial

Se evaluaron de forma cualitativa las características organolépticas transcurridos dos días y siete días *post mortem* por medio de panelistas entrenados. La preparación para maduración fue igual a la descrita anteriormente, una vez concluido el periodo de maduración las muestras fueron congeladas a -52°C en un congelador Thermo Scientific Modelo ULT1790-10-A, el tratamiento 1 durante 14 días y el tratamiento 2 durante 85 días. La descongelación de los bistecs se inició 24 horas antes del panel sensorial. La cocción de las muestras fue similar al descrito anteriormente, a excepción de la toma de datos de pesos y color del músculo. Luego de la cocción, a cada muestra se le recortaron los bordes y cada bistec fue cortado sobre una guía de corte en cuadros o trozos de media pulgada por media pulgada (Figura 13.A).

Dentro del Laboratorio Nacional de Carnes, en un área con cubículos (Figura 13.B) se realizó el panel sensorial y se colocó recipientes al azar con las muestras de carne, un plato con trozos de manzana (Figura 13.C), un vaso con agua, un lápiz y una hoja para panelista que contiene una escala hedónica (Anexo A1) los cuales evaluaron cada muestra de acuerdo con variables de dureza, jugosidad, color de la carne, cantidad de tejido conectivo, intensidad de sabor y aceptabilidad.

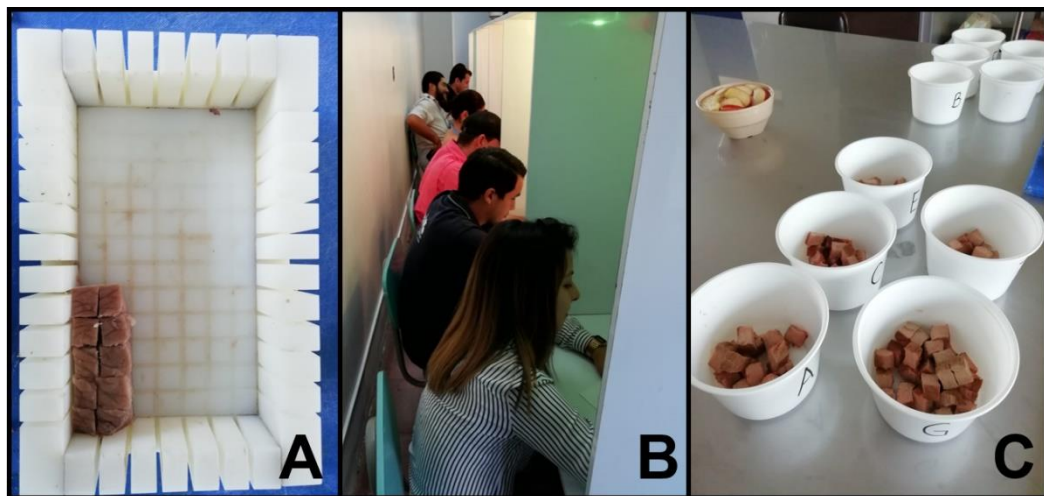


Figura 13. Panel sensorial. A. Conte del bistec con ayuda de una guía de corte. B. Panelistas en cubículos. C. Recipientes con muestras distribuidas al azar y plato con trozos de manzana. Laboratorio Nacional de la Carne, Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Cuarta etapa: CINA

3.4.15 Perfil de ácidos grasos y extracto etéreo

El análisis del perfil lipídico y extracto etéreo se realizó en el Laboratorio Químico del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica. La evaluación se realizó con las muestras de 80 gr. tomadas de cada lomo (Figura 7.C) como se mencionó anteriormente. El análisis se llevó mediante volumetría según el método de la AOAC 940.28, décimo octava edición, en la cual los ácidos grasos presentes en las muestras se hicieron reaccionar con una base de concentración conocida (UCR 2015).

Como parte del análisis de los ácidos grasos se realizó los siguientes cálculos sugeridos por Ulbricht y Southgate (1991).

$\text{Índice Aterogénico (IA)} = \frac{L + 4M + P}{(n - 6) + (n - 3) + O + M'}$
$\text{Índice Trombogénico (IT)} = \frac{M + P + S}{0,5O + 0,5M' + 0,5(n - 6) + 3(n - 3) + \frac{(n - 3)}{(n - 6)}}$

Donde,

L = ácido láurico (C12:0)

M = ácido mirístico (C14:0)

P = ácido palmítico (C16:0)

S = ácido esteárico (C18:0)

n-3 y n-6 = ácidos grasos polinsaturados y sus respectivas familias

O = ácido oleico

M' = ácidos grasos monoinsaturados restantes

3.5 Análisis estadístico

La caracterización se realizó mediante estadística descriptiva. Se determinó mediante una *t de student* los valores promedio, desviación estándar y valores mínimos y máximos para todas las variables de respuesta (peso pie de finca (kg), peso pie de planta (kg), peso canal caliente (kg), peso canal frío (kg), rasgos de cosecha, rasgos de canal, rendimiento cárnico, panel sensorial y composición lipídica).

Para las variables fuerza de corte (kg), color (L^* , a^* y b^*), y pérdidas por cocción (%), se realizó un Análisis de Varianza al azar con efecto factorial, mediante la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLMix), con corrección de la heterocedasticidad.

A las variables comprendidas en el panel sensorial, se realizó un análisis exploratorio. Se determinó la importancia de cada variable mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP). Se utilizó la técnica multivariada PLS (Partial Least Square, por sus siglas en inglés), con el objetivo de identificar variables dependientes e independientes del conjunto de variables que fueron evaluadas en el panel sensorial. Además, se determinó frecuencias sobre las variables de respuesta del panel sensorial.

Todos los análisis se llevaron a cabo con el programa estadístico InfoStat/P (Di Rienzo *et al.* 2017), con un nivel de significancia del 0,05.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso Pie de Finca

En el peso pie de finca (kg) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo pesos promedio de 174,14 kg y 153,86 kg ($p < 0,05$). (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores de finca obtenidos en terneros de encaste Brahman a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	Tratamiento	N	Media	D.E.	Mín	Máx
Peso Pie Finca (Kg)	1	7	174,14 ^a	24,00	150,50	217,00
	2	7	153,86 ^b	10,33	141,00	169,50
Edad al sacrificio (días)	1	7	186,71	4,86	183,00	197,00
	2	7	225,43	2,94	222,00	230,00

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En Brasil se reportan resultados similares, donde Almeida-Júnior *et al.* (2008a) obtuvieron pesos promedio de 171,61 kg en animales Holstein de 27 semanas de edad suplementados con diferentes ensilajes de granos y Alves (2007) reporta peso promedio al destete de 208,97 kg para animales Nelore y de 249,58 kg en el cruce Limousin x Nelore a las 37 semanas de edad, suplementados con maíz, soya y minerales. Por su parte, Castillo-Umaña *et al.* (2015) reportan un peso promedio de 222,97 kg para terneros 3/4 sangre Brahman criados en el trópico costarricense y destetados a las 35 semanas de edad.

A pesar de que a los terneros del tratamiento 2 (T2) se les dio seis semanas más de crecimiento respecto al tratamiento 1 (T1), T1 obtuvo mayor promedio de PPF, debido a que los valores mínimos y máximos para T1 fueron superiores (150,50 kg y 217,00 kg) a T2 (141,00 kg y 169,50 kg) respectivamente, ya sea por cuestiones genéticas de los padres o por la capacidad de producción de leche de la madre (Martínez *et al.* 2008 citado por Castillo-Umaña *et al.* 2015). Los resultados obtenidos en ambos tratamientos se consideran medianamente bajos en comparación a la literatura, donde Pérez-Gutiérrez (2017) afirma que en terneros de 24 a 28 semanas de edad se espera pesos entre 150 a 250 kg, y algunos de los animales estudiados no lograron alcanzar los 150 kg a pesar de ser terneros de más

de 30 semanas. Hay que recalcar que los terneros se criaron a libertad, es decir, permanecieron al pie de la vaca, alimentándose en su mayoría de la leche de sus madres y algún forraje que pudiesen pastorear, y no recibieron suplementación alguna.

Alves (2007) reafirma que en animales criados en el trópico bajo un sistema extensivo es común encontrar pesos al destete inferiores a los 150 kg, debido a que las condiciones climáticas son un factor importante que puede afectar significativamente el peso de animales. Asimismo, sugiere que hay factores genéticos que afectan la homogeneidad de la muestra como la raza, la edad y cantidad de partos de la madre, el sexo, el peso al nacer y la nutrición.

Los estándares de clasificación de países como Canadá determinan que terneros entre las 22 a 26 semanas de edad y alimentados con suplemento de leche, granos y proteína, deben tener peso final de 290 kg a 320 kg (VFO 2019). Sin embargo, estos animales son de razas *Bos taurus*, criados en condiciones climáticas más controladas y alimentados con granos, propiciando un crecimiento más acelerado en comparación con animales criados con pasturas (Leguen de Lacroix, 2004). Por su parte, en Europa se obtuvieron pesos de 200 kg a 290 kg entre seis y siete meses de edad en terneros Limousin criados con pasturas (Litwińczuk *et al.* 2013, Parvu *et al.* 2015) y terneros de la misma raza, pero alimentados con leche, pasturas y suplementos lograron alcanzar promedio de peso de hasta 318 kg a los siete meses de edad (Aldai *et al.* 2012).

Las diferencias observadas de peso entre este estudio y los reportados por la literatura indican mejor desarrollo en animales que recibieron dietas con concentrados y que razas europeos o cruces responden mejor a la suplementación alimenticia que razas del trópico; además que el crecimiento de los animales se ve afectado por condiciones climáticas.

En la Figura 14 se visualizan las precipitaciones de abril a noviembre de 2018, periodo en el cual se llevó a cabo este estudio. Durante los meses de mayo a noviembre se presentaron precipitaciones altas para la zona, con un promedio de

505 mm mensuales, siendo julio el mes de mayor precipitación con 749 mm. En la Figura 15 se ilustra la temperatura promedio (°C) y la humedad relativa promedio (%), para los mismos meses, con promedios generales de 24,7°C y 90%, respectivamente, encontrándose entre rangos normales que presenta la región durante todo el año. A pesar de que los animales en estudio son principalmente de raza cebuina, adaptados a condiciones climáticas tropicales, el bienestar animal es negativamente afectado por altas precipitaciones, temperatura y humedad relativa, ocasionando disminución en el consumo y la productividad de los animales, lo cual afecta el óptimo desarrollo y crecimiento de estos (Suárez *et al.* 2012).

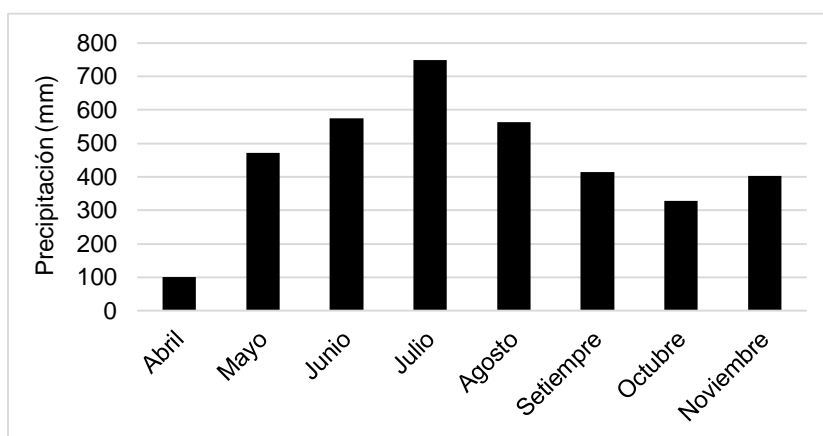


Figura 14. Distribución mensual de la precipitación durante el periodo de abril a noviembre de 2018. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia basado en los datos registrados en la estación meteorológica 69727 ADIFORTm, La Fortuna, San Carlos, 2018.

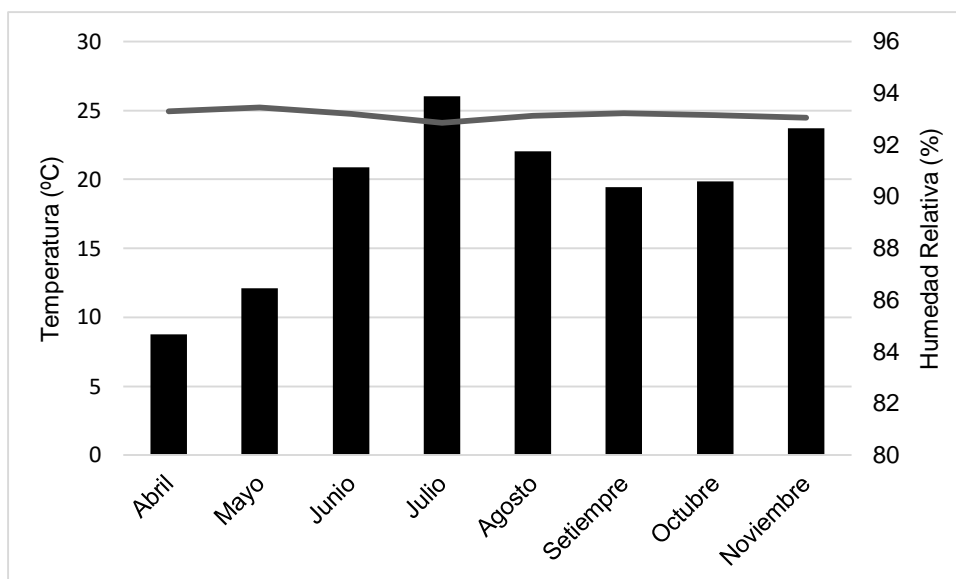


Figura 15. Distribución mensual de la temperatura promedio (°C) (línea) y la humedad relativa promedio (%) (columna) durante el periodo de abril a noviembre de 2018. La Fortuna, San Carlos, Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia basado en los datos registrados en la estación meteorológica 69727 ADIFORTm, La Fortuna, San Carlos, 2018.

4.2 PPP, PCC, PCF y Rendimiento

La diferencia de PPF entre ambos tratamientos se refleja de la misma manera en el PPP, 161,79 kg y 140,43 kg, merma de peso entre la finca y la planta de sacrificio (MFP) 7,10% y 8,79%, PCC 91,57 kg y 77,43 kg, PCF 89,83 kg y 76,14 kg ($p < 0,05$). Por su parte, no se encontraron diferencias en el rendimiento cárnico 56,42% y 55,11% y merma por frío 1,90% y 1,67% ($p > 0,05$) respectivamente a cada edad de sacrificio como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Valores de cosecha obtenidos en terneros de encaste Brahman a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	Tratamiento	n	Media	D.E.	Mín	Máx
Peso Pie Planta (Kg)	1	7	161,79 ^a	22,40	138,00	203,00
	2	7	140,43 ^b	11,00	127,50	158,00
Merma Finca/Planta (%)	1	7	7,10 ^b	1,21	5,30	8,30
	2	7	8,79 ^a	1,09	6,80	9,80
Peso Canal Caliente (Kg)	1	7	91,57 ^a	15,38	75,50	117,50
	2	7	77,43 ^b	7,26	66,50	87,50

Rendimiento	1	7	56,42 ^a	2,28	53,18	58,59
Pie/Canal (%)	2	7	55,11 ^a	2,27	52,16	58,52
Peso Canal Fría (Kg)	1	7	89,83 ^a	15,09	74,20	115,40
	2	7	76,14 ^b	7,24	65,40	86,00
Mema Por Frío (%)*	1	7	1,90 ^a	0,12	1,72	2,06
	2	7	1,67 ^a	0,30	1,48	2,32

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Almeida-Júnior *et al.* (2008a) reporta pesos de 164,23 kg PV a la hora de la matanza, obteniendo un promedio de merma de peso entre finca y planta de 4,2%.

El PCC del T1 es superior al obtenido por Almeida-Júnior *et al.* (2008a) los cuales reportan PCC de 81,96 kg. Por su parte, Litwińczuk *et al.* 2013 registraron PCC de 148,4 kg y 177,3 kg en animales Limousin alimentados con pastos hasta los seis y siete meses de edad, respectivamente. Por su parte, Aldai *et al.* 2012 alcanzaron un promedio de 192,5 kg de PCF (318 kg PV) en animales Limousin bajo una dieta suplementada y sacrificados a los siete meses y 144 kg PCF (255 kg PV) en el cruce Tudanca x Charolais alimentados con la misma dieta y sacrificados a la misma edad.

En relación con el PPF, las diferencias encontradas entre los estudios citados y esta investigación se atribuyen principalmente al manejo, la alimentación y las características genéticas de los animales (Bispo *et al.* 2010a).

Los rendimientos de la canal fueron similares a los reportados por Alves y Lizieire (2001) en terneros alimentados con dieta líquida, y superiores a los obtenidos por Alves (2007) y Almeida-Júnior *et al.* (2008a) en animales suplementados con ensilajes. De acuerdo con Carvalho *et al.* (2003) a mayor crecimiento del animal, menor son los rendimientos de la canal, ya que animales con una dieta de granos y pasturas presentan mayor desarrollo digestivo y contienen más material ruminal a la hora de matanza. Por lo contrario, Aldai *et al.* (2012), Litwińczuk *et al.* (2013) y Parvu *et al.* (2015) obtuvieron rendimientos superiores al 60,5% en terneros Limousin tanto alimentados con pasturas como con suplementos, además, Litwińczuk *et al.* (2013) reportan que la edad de matanza en

terneros Limousin (6, 7 o 8 meses) no tiene efecto significativo en el rendimiento de la canal. Sin embargo, esto se debe a la genética de la raza Limousin, la cual presenta excelentes características en la canal por su alta proporción de musculatura (Domaradzki *et al.* 2013; Nogalski *et al.* 2013). Al comparar los rendimientos con bovinos Brahman adultos, Ramírez-Barboza (2014) y Quesada-Quesada (2019) reportan un rendimiento promedio de 57%, siendo muy similares a los obtenidos en este estudio.

La merma por frío fue similar a lo reportado por varios autores, con pérdida de peso por frío de 1,1% a 1,7% (Rodrigues Filho *et al.* 2003, Almeida-Júnior *et al.* 2008a). Otros autores reportan pérdidas superiores de 2,4% a 3,4% (Ribeiro *et al.* 2001, Alves 2007). Al comparar con bovinos adultos Quesada-Quesada (2019) reporta una merma promedio de 1,08%. El hecho de que los terneros presenten menor grasa de cobertura contribuye a que los índices de merma pueden ser más altos. Además, estas diferencias también se pueden explicar por los criterios de enfriamiento que se emplean en las cámaras de frío, con valores de temperatura desde -5 °C a 5 °C y tiempo de almacenamiento de 18 horas a 24 horas (Ribeiro *et al.* 2001, Rodrigues Filho *et al.* 2003, Alves 2007, Almeida-Júnior *et al.* 2008a). Asimismo, es importante aclarar que en las cámaras de frío de Coopemontecillos S.A. se aplica un rocío cada cierto periodo como técnica de protección contra la contracción y el resecamiento de las canales y para mejorar las velocidades de enfriamiento (Savell *et al.* 2005).

4.3 Conformación muscular, cobertura y color de grasa

El tipo de conformación muscular, grasa de cobertura y color de la grasa fue igual para ambos tratamientos (Cuadro 8).

La conformación muscular de las canales resultó como Músculo Grado 3, es decir, las canales presentaron un perfil muscular cóncavo con escasa amplitud y la región del costillar marcada, lo que supone canales descarnadas debido a la juventud de los animales en estudio. Litwińczuk *et al.* (2013) y Terler *et al.* (2014) clasificaron la conformación de la canal en animales Limousin entre clases R (perfil muscular recto y buen desarrollo muscular) y U (perfil muscular convexo y muy buen

desarrollo muscular) según el sistema de clasificación de canales de la UE (Regulación UE No. 1308/2013).

El tipo de grasa de cobertura se clasificó como Grado 1, indicando una capa de grasa ligeramente delgada o nula en toda la canal. Litwińczuk *et al.* (2013) y Terler *et al.* (2014) según la Regulación UE No. 1308/2013 reportan cobertura de grasa de menos de 2 (leve cobertura de grasa, carne visible en casi todas partes) en Limousin pura raza, mientras que en España en razas cruzadas fue reportada una cobertura de grasa entre 3 y 3+ (carne casi en todas partes cubierta de grasa, pequeños depósitos de grasa en la cavidad torácica) (Revilla y Vivar-Quintana, 2006). En contraparte, Ribeiro *et al.* (2001) reportan poca o nula grasa subcutánea en terneros Holstein suplementados con diferentes porcentajes de concentrados.

Litwińczuk *et al.* (2013) afirman que la conformación de la canal y la cobertura de grasa no son significativamente afectados por la edad de sacrificio de los animales. Por su parte, Rodrigues Filho *et al.* (2003) encontraron que conforme aumentaron el grado de concentrados en las dietas aumento el espesor de la grasa subcutánea. Asimismo, Almeida-Júnior *et al.* (2008b) reafirman que dependiendo de la cantidad energética de la dieta es posible obtener canales con mayor cobertura de grasa. Hay que tomar en cuenta que el bajo contenido de grasa subcutánea y un rápido descenso de la temperatura de almacenamiento de las canales después del sacrificio desencadena el *cold shortening*, el cual puede tener un efecto en la suavidad, la jugosidad y el aroma de la carne (Ynsaurralde *et al.* 2016).

En cuanto al color de la grasa fue de Grado 1, observando colores de blanco a rosado, siendo una ventaja en la percepción de los consumidores, que tienden a rechazar cortes de carne con cobertura de grasa amarillenta porque la asocian a menor calidad de carne, a animales enfermos en el tiempo de matanza y a animales más viejos, por ende, a carnes con poca ternura (Dunne *et al.* 2009).

Cuadro 8. Descripción de la canal de terneros de encaste Brahman cosechados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	Tratamiento	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Conformación Muscular	1	2,86 ^a	0,38	2	3
	2	3,00 ^a	0,00	3	3
Grasa de cobertura	1	1,00	0,00	1	1
	2	1,00	0,00	1	1
Color de la grasa	1	1,00	0,00	1	1
	2	1,00	0,00	1	1

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.4 Características de la canal

El pH y la temperatura son factores *post mortem* relevantes que se encuentran ligados a parámetros de calidad de la carne como lo son el color, suavidad y conservación de la carne (Mousquer *et al.* 2013)

Los valores medios ideales para pH a las 24 horas del sacrificio se sitúan entre 5,4 y 5,9 (Alves 2007; Bispo *et al.* 2010a; Florek *et al.* 2015). En este estudio se obtuvo promedios de 5,87 para T1 y 5,85 para T2 (Cuadro 9) encontrándose en el rango normal y diferencias no significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Dichos resultados son indicadores de una apropiada glucólisis *post mortem* e indirectamente un manejo correcto de los terneros antes del sacrificio (Ripoll *et al.* 2013; Florek *et al.* 2015). Estos resultados son inferiores a los reportados por Alves (2007) con valores promedio de 6,09.

Hughes *et al.* (2014) afirman que carnes DFD ocurren muy raramente en terneros alimentados con leche, sin embargo, los valores máximos de pH_{24h} en esta investigación fueron superiores a 5,9, categorizando las canales con un DFD moderado, lo cual pudo interferir en las características organolépticas de la carne, ya que el pH es capaz de alterar la capacidad de retención de agua (ligado al color), la pérdida de peso por cocción y la fuerza de corte (Alves 2007).

Valores de pH en carne de ternero no son significativamente influenciados por el sistema de alimentación, el sexo, la raza o tiempo de maduración de la carne

(Revilla y Vivar-Quintana 2006; Aldai *et al.* 2012; Ripoll *et al.* 2013; Florek *et al.* 2015; Domaradzki *et al.* 2017).

La temperatura (°C) de los animales a las 24 horas *post mortem* fue de 2,17 °C y 0,94 °C respectivamente para cada tratamiento, obteniendo diferencias significativas ($p < 0,05$). Se presume que la diferencia entre los valores de temperatura se debe a la posición donde se encontraban las canales en el área de almacenamiento, a efectos de espacio entre las canales y a la circulación de aire en las cámaras de frío. En T2 la mayoría de las canales se encontraban debajo del ducto de aire frío que mantiene la cámara a bajas temperaturas, mientras que en T1 no era así. A pesar de las diferencias, ambos tratamientos se encuentran dentro de las temperaturas adecuadas de almacenamiento.

No se determinaron diferencias significativas ($p > 0,05$) para el largo de la canal, 116,29 cm a los seis meses y 112,57 cm a los siete meses, largo del tendón de Aquiles, con valores promedio de 13,71 cm y 14,93 cm respectivamente, y el perímetro de la pierna que presentó medias de 79,14 cm y 74,29 cm (Cuadro 9). La poca variación en la edad y peso de los animales llevaron a estos resultados.

El área del ojo del lomo (AOL) obtenida en esta investigación fue de 43,50 cm² para T1 y 33,09 cm² para T2, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$). Alves (2007) reporta valores promedio de AOL en terneros Nelore de 36,29 cm² y para el cruce Limousin x Nelore de 48,28 cm², lo que indica que los animales media sangre presentan mayor AOL que los animales cebú, además, como se ha mencionado anteriormente, la conformación muscular de la raza Limousin es superior en comparación a otras razas (Domaradzki *et al.* 2017). Por su parte Ribeiro *et al.* 2001 obtuvieron promedio de 29,60 cm² en animales con un 45% de dieta de concentrado y 37,38 cm² con 90% de concentrado. En este estudio los animales fueron de encaste Brahman por lo que algunos presentaron cruce con razas europeas como Charolais, sin embargo, no se conoció con exactitud el genotipo de cada animal, por lo que se presume que en T1 había mayor cantidad de terneros cruzados que en el T2. En adultos Brahman de aproximadamente 26 meses de edad, Rodríguez (2012) reporta un promedio de AOL de 61,4 cm² sin diferencias significativas entre

castrados y enteros. Por su parte, Ramírez-Barboza (2014) reporta valores de AOL de 73,24 cm² para animales cebuínos y Quesada-Quesada (2019) obtuvo promedios de 63,16 cm² y 59,05 cm² en los tratamientos evaluados sin diferencias significativas. Es importante recalcar que los bovinos adultos Brahman evaluados por Rodríguez (2012), Ramírez-Barboza (2014) y Quesada-Quesada (2019) pertenecían a la misma finca y posiblemente se encontraban emparentados con los terneros evaluados en este estudio.

Cuadro 9. Características de la canal de terneros de encaste Brahman cosechados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	Tratamiento	N	Media	D.E.	E.E.	Mín	Máx
pH _{24h}	1	7	5,87 ^a	0,15	0,06	5,66	6,13
	2	7	5,85 ^a	0,32	0,12	5,53	6,24
T _{24h} (°C)	1	7	2,17 ^a	0,99	0,38	0,7	3,2
	2	7	0,94 ^b	0,4	0,15	0,5	1,7
Largo Canal (cm)	1	7	116,29 ^a	5,12	1,94	110	123
	2	7	112,57 ^a	3,1	1,17	109	118
Largo Tendón Aquiles (cm)	1	7	13,71 ^b	0,95	0,36	12	15
	2	7	14,93 ^a	1,13	0,43	13,5	17
Perímetro Pierna (cm)	1	7	79,14 ^a	6,15	2,32	73	90
	2	7	74,29 ^a	4,89	1,85	67	80
Área Ojo Lomo (cm ²)	1	7	43,50 ^a	6,68	2,53	34,19	54,19
	2	7	33,09 ^b	5,89	2,22	23,23	41,94

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.5 Color de la carne, pérdidas por cocción, sinéresis y fuerza de corte

Para el espectro de colores de la carne de ternero, en el Cuadro 10 se muestran valores promedio (\pm EE) según cada periodo de maduración.

Cuadro 10. Valores promedio (\pm EE) de los parámetros asociados al color del Longissimus dorsi lumborum de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Parámetro	Tratamiento	Periodo de maduración (días)		
		1	2	7
L*	1	38,25 \pm 1,26 ^{by}	42,98 \pm 0,86 ^{bx}	44,68 \pm 1,05 ^{bx}
	2	40,83 \pm 0,78 ^{ay}	46,36 \pm 0,78 ^{ax}	48,41 \pm 1,01 ^{ax}
a*	1	14,24 \pm 0,70 ^{ax}	11,48 \pm 0,29 ^{ay}	12,67 \pm 0,28 ^{ax}
	2	13,90 \pm 0,31 ^{ax}	11,70 \pm 0,35 ^{ay}	11,37 \pm 0,38 ^{by}
b*	1	13,73 \pm 0,47 ^{ax}	12,62 \pm 0,35 ^{ay}	14,38 \pm 0,43 ^{ax}
	2	13,64 \pm 0,34 ^{ax}	13,27 \pm 0,22 ^{ax}	14,06 \pm 0,37 ^{ax}
Croma (C*)	1	19,81 \pm 0,73 ^{ax}	17,08 \pm 0,37 ^{ay}	19,19 \pm 0,42 ^{ax}
	2	19,49 \pm 0,35 ^{ax}	17,73 \pm 0,26 ^{ay}	18,14 \pm 0,23 ^{by}
Tono (h)	1	44,05 \pm 1,29 ^{ay}	47,67 \pm 0,90 ^{ax}	48,51 \pm 0,90 ^{ax}
	2	44,46 \pm 0,85 ^{ay}	48,68 \pm 1,06 ^{ax}	51,10 \pm 1,27 ^{ax}

Medias con letra común leídas verticalmente (a, b) (tratamientos) y horizontalmente (x, y) (días) no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). L* representa el brillo (L*= 0, carne más oscura y L*= 100, carne más blanca), a* representa el color rojo/verde (a* con valores negativos es verde y a* con valores positivos es rojo, escala de -60 a 60), b* representa el color azul/amarillo (b* con valores negativos es azul y b* con valores positivos es amarillo, escala de -60 a 60), croma (C*) representa la intensidad de saturación del color (números mayores indican mayor saturación de color), tono (h) representa los cambios de color en el tiempo (números mayores indican menos rojo).

En el espectro de color L* se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ambos tratamientos a uno y dos días de maduración, sin embargo, fue similar a los siete días, con tendencia a que la carne sea más clara conforme aumentan los días. Alves (2007) reportó color L* para Nelore en 41,14 y para Limousin x Nelore 39,23 a las 24 h *post mortem*. Por su parte, Florek *et al.* (2015) registraron valores promedio para L* de 40,29 y 38,57 a los cinco días *post mortem* y 42,45 y 39,39 a los doce días *post mortem* en el músculo *L. dorsi lumborum* de terneros Limousin sacrificados a los seis meses y siete meses respectivamente, y al igual que en este estudio, observaron predisposición a la claridad al aumentar los días de maduración.

En el índice de rojo (a*) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre periodos de maduración ($p > 0,05$), donde en ambos casos a* a las 24 h o un día de maduración fue superior a los periodos de dos y siete días.

A pesar de no encontrar diferencias significativas entre los dos y siete días de maduración, se notó un leve aumento del color a^* , lo cual concuerda con lo reportado por Florek *et al.* (2015) quienes reportan un leve aumento de a^* entre el día cinco al día doce *post mortem*. Sin embargo, estos autores registraron valores para a^* superiores a 20 para terneros Limousin criados en pasturas, contrario a lo reportado por Terler *et al.* (2014) con valores a^* de ocho a nueve en terneros de la misma raza y mismo sistema de alimentación. En el caso del trópico, para el índice de rojo Alves (2007) reporta valores para Nelore y el cruce Limousin x Nelore alrededor de 11 h a las 24 h *post mortem*, los cuales son promedios aproximados a los obtenidos en este estudio.

Por su parte, el índice de amarillo (b^*) (Cuadro 10) no representa diferencias significativas entre tratamientos ni entre periodos de maduración ($p>0,05$) a excepción del periodo de maduración a los siete días del T1. Alves (2007) encontró valores de color b^* para Nelore en 12,01 y para Limousin x Nelore 11,66, mientras tanto, Florek *et al.* (2015) reportaron valores entre 3,62 y 5,30 y Terler *et al.* (2014) obtuvieron valores promedio menores de 8,80 en el músculo *L. dorsi* de terneros Limousin evaluados en clima templado y alimentados con pasturas. Como se mencionó anteriormente, el componente b^* en las carnes está asociado a los pigmentos carotenoides depositados en la grasa del animal (Oda *et al.* 2004) por lo que se puede especular que la diferencias entre animales del trópico versus animales de clima templado se deben a la composición de la dieta suministrada, sin embargo, en ninguno de los estudios mencionados ni en la presente investigación se ejecutó análisis de la dieta, por lo tanto, no es una afirmación concluyente.

El croma (C^*) y el tono (h), como se explicó anteriormente, son parámetros que se obtienen a partir de los índices de rojo y amarillo y ayudan a caracterizar la carne. En ambos parámetros se obtuvieron diferencias significativas con respecto al periodo de maduración 1 y no hubo diferencias entre tratamientos a excepción del parámetro C^* en el periodo de maduración 7 ($p>0,05$) (Cuadro 10). Florek *et al.* (2015) reportaron valores para h en terneros Limousin a los seis y siete meses de edad, de 9,6 y 9,2 respectivamente a los cinco días de maduración y de 11,6 y 12,4

a los doce días de maduración, estos datos se hallan muy por debajo de los encontrados en este estudio, sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta diferencia está relacionada a los resultados de a^* y b^* reportados por Florek *et al.* (2015). Albertí *et al.* (2016) reportan valores de C^* de 12,4 para carne blanca de bovinos y 18,8 para carne rosada, asegurando que los bajos valores del parámetro C^* se dan como resultado de la baja presencia de mioglobina y mayor cantidad de agua.

De acuerdo con Alves (2007) y Domaradzki *et al.* (2017) la carne de animales criados en pasturas tiende a ser más oscura en comparación a animales con dietas suplementarias. Asimismo, numerosos autores reportan diferencias significativas entre el género de los animales en todos los parámetros de color y que estas diferencias se acentúan con la maduración de la carne (Revilla y Vivar-Quintana 2006, Florek *et al.* 2007, Zhang *et al.* 2010, Terler *et al.* 2014).

Al comparar entre razas, Aldai *et al.* (2012), encontraron mayor luminosidad e índice de amarillo en terneros Limousin puros versus el cruce de Tudanca x Charolais (47,14 versus 43,30 para L^* , 5,25 versus 4,25 para b^* respectivamente). En cuanto al índice de rojo los valores fueron más bajos en Limousin (7,99 versus 11,99). Por su parte, Revilla y Vivar-Quintana (2006) y Terler *et al.* (2014) no encontraron diferencias significativas entre razas sobre los parámetros C^* y h .

De acuerdo con Monteiro *et al.* (2013) la edad de matanza de los animales puede tener efectos significativos sobre la luminosidad (L^*), el índice de rojo (a^*), el croma (C^*) y el contenido de pigmentos de la carne, mientras que el índice de amarillo (b^*) y el tono (h) son similares a diferentes edades de sacrificio (Florek *et al.* 2015). De igual manera se han reportado alta correlación entre la concentración de pigmentos y L^* y a^* (Florek 2009, Monteiro *et al.* 2013). Albertí *et al.* (2016) mencionan que altos valores L^* y h y bajos valores de C^* están relacionados con carnes más claras, asimismo proponen un rango de color para dichos parámetros, donde ubican a la carne rosada entre los siguientes valores: L^* de 36 a 42, C^* de 14 a 22 y h de 20 a 39, por lo que se puede concluir que la carne evaluada en este estudio fue rosada.

La maduración de la carne aumenta los efectos del color sobre la misma, sobre todo, si es empaquetada al vacío (Ripoll *et al.* 2013) debido a que, la falta de oxígeno provoca la degradación la mioglobina (proteína del músculo), incitando a un cambio químico como consecuencia de la reducción de la actividad respiratoria de la mitocondria, relacionada con la oxigenación de la mioglobina, la cual pasa a un estado llamado deoximioglobina, y como resultado se obtiene un color más oscuro de la carne (Berriain *et al.* 2009, Lindahl, 2011, Domaradzki *et al.* 2017). Ripoll *et al.* (2013), Terler *et al.* (2014) y Florek *et al.* (2015), reportan aumentos progresivos en los parámetros de color conforme aumentan el periodo de maduración, independientemente de la edad o la raza de los animales.

Cuadro 11. Valores promedio (\pm EE) de los parámetros asociados la calidad de la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	Tratamiento	Periodo de maduración (días)	
		2	7
Pérdida por cocción (%)	1	22,91 \pm 0,69 ^a	24,02 \pm 1,65 ^a
	2	23,89 \pm 1,67 ^a	24,98 \pm 1,64 ^a
Sinéresis (%)	1	-	3,23 \pm 0,90 ^a
	2	-	2,04 \pm 0,51 ^a
Fuerza de corte (kg)	1	7,91 \pm 0,40 ^{ax}	6,54 \pm 0,37 ^{ay}
	2	5,65 \pm 0,30 ^{bx}	4,65 \pm 0,26 ^{by}

Medias con letra común leídas verticalmente (a, b) (tratamientos) y horizontalmente (x, y) (días) no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El porcentaje de pérdida por cocción se encontró entre los rangos reportados por varios autores. La edad de sacrificio no afecta las pérdidas por cocción (Monteiro *et al.* 2013), ni el sexo del animal (Revilla y Vivar-Quintana 2006, Terler *et al.* 2014). Revilla y Vivar-Quintana (2006) obtuvieron diferencias significativas al comparar entre razas Limousin y Charolais al tercer día maduración, sin embargo, al incrementar los días después del sacrificio estas diferencias no fueron significativas (mayor al séptimo día). El tiempo de maduración de la carne no tiene efecto significativo en las perdidas por cocción (Revilla y Vivar-Quintana 2006, Florek *et al.* 2015), aunque Golze (2001) reportan incremento de las pérdidas por cocción con respecto al tiempo, empero, no es significativo. Razminowicz *et al.*

(2006) no encontraron diferencias entre dos sistemas de alimentación a base de pasturas comparado con un sistema tradicional, reportando promedios de 30% de pérdida por cocción en el músculo *Longissimus dorsi*.

Florek *et al.* (2015) encontraron que animales sacrificados a los seis meses presentan mayor sinéresis que animales de siete a ocho meses (3,21%, 2,3% y 1,9% respectivamente), mientras que en pérdidas por cocción ocurre lo contrario, a mayor edad de sacrificio del animal, mayor pérdida durante la cocción. Según Terler *et al.* 2014, el sexo del animal sí afecta significativamente la sinéresis, siendo en las hembras donde encontraron mayor pérdida (2,1% versus 1,3%) en el músculo *Longissimus dorsi*. Por su parte, Aldai *et al.* (2012) al comparar entre razas Tudanca y Limousin no encontraron diferencias significativas. El tiempo de maduración tiene un efecto significativo en la sinéresis la cual aumenta respecto al tiempo (Golze, 2001, Ripoll *et al.* 2013, Florek *et al.* 2015), Florek *et al.* (2015) reportan 1,6% y 3,2% para cinco y doce días respectivamente, por su parte, Golze (2001) obtuvo resultados de 2,4% y 4,2% para dos y 16 días. Asimismo, Ripoll *et al.* (2013) encontraron diferencias significativas entre tipos de dietas, donde la sinéresis fue mayor en terneros criados con pasturas que los que fueron criados con una dieta suplementada, independientemente del periodo de maduración, con diferencias de cinco y siete días de 5% versus 3,2% y 6,4% versus 4,4%, respectivamente. Los autores explican que dichas diferencias pueden ser debidas a mayor humedad y menor contenido de grasa intramuscular en carne de ternero alimentados con pasturas, que los suplementados. Por su parte, Alves (2007) encontró pérdidas por goteo de 6,64% y 5,66% y pérdidas por cocción de 13,59% y 15,26% para Nelore y Limousin x Nelore respectivamente.

Como es de esperar, la fuerza de corte decreció con el tiempo, encontrando diferencias significativas a los dos y siete días en ambos tratamientos. Varios autores aseguran que existe un efecto en la maduración de carne de ternero y que la terneza aumenta de 24 % a 29% entre los diez y catorce días de maduración (Golze 2001; Aldai *et al.* 2012; Ripoll *et al.* 2013; Terler *et al.* 2014; Inostroza 2018). Otros autores afirman que en carne de ternero la fuerza de corte no se ve afectada

por la edad de sacrificio de los animales, obteniendo un promedio de 5,3 kg en terneros de nueve a once meses de edad (Monteiro *et al.* 2013) y 68,9 N (aproximadamente 7,03 kg) en terneros de seis a ocho meses, sin importar el periodo de maduración de la carne (Florek *et al.* 2015), la alimentación (Razminowicz *et al.* 2006) y el sexo de los animales (Revilla y Vivar-Quintana 2006), aunque Terler *et al.* (2014) reportan en hembras mayor predisposición a mostrar terneza que los machos. Otros autores afirman que mayor fuerza de corte en animales jóvenes puede ser por el bajo contenido de grasa subcutánea, lo que los hace más propensos a sufrir *cold-shortening*, sobre todo en terneros criados con pasturas (Razminowicz *et al.* 2006; Ripoll *et al.* 2013).

A pesar de lo mencionado anteriormente, al comparar con animales más viejos (Rodríguez-González 2014) reporta fuerzas de corte de 9,13 kg y 7,03 kg a los dos y siete días respectivamente, y aunque la tasa de terneza con respecto al tiempo es la misma, la carne de ternero es más tierna que la de bovinos adultos (Ngapo y Gariepy 2006; Schönfeldt & Strydom, 2011), debido a que las estructuras de colágeno cambian y éste se vuelve menos soluble durante la cocción entre más viejo sea el animal (Nishimura 2015). Asimismo, la carne de ternero es considerada más tierna en comparación con otros tipos de carnes (Domaradzki *et al.* 2017). Por ejemplo, López (2019) reportó en búfalos de 15,5 meses fuerzas de corte de 9,26 kg y 8,23 kg a los dos y siete días de maduración, respectivamente.

Con respecto a la raza de los animales, se tiende a encontrar diferencias significativas al evaluar la fuerza de corte, por ejemplo, Aldai *et al.* (2012), compararon terneros puros Limousin versus un cruce de Tudanca x Charolais encontrando mayor terneza en animales cruzados (3,94 kg) que en animales puros (5,10 kg). Por su parte, Alves (2007) encontró fuerza de corte para Nelore en 4,47 kg y para Limousin x Nelore en 6,36 kg a los catorce días de maduración.

4.6 Panel Sensorial

El análisis sensorial realizado en la carne de ternero a los siete días de maduración definió la carne como ligeramente dura, ligeramente seca, ligeramente

blanca, ligero tejido conectivo, ligera intensidad de sabor y ligeramente agradable como se aprecia en los promedios obtenidos en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Valores medios obtenidos sobre la apreciación sensorial de las características evaluadas a los 7 días de maduración de la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	Tratamiento	Media	E.E.	Mín	Máx
Dureza	1	4,72 ^a	0,28	1,00	8,00
	2	5,32 ^a	0,27	1,50	8,00
Jugosidad	1	4,37 ^a	0,21	1,00	7,00
	2	4,33 ^a	0,23	1,50	8,00
Color	1	4,05 ^a	0,11	3,00	6,00
	2	4,05 ^a	0,20	1,00	6,50
Tejido conectivo	1	5,66 ^a	0,23	2,00	8,00
	2	5,14 ^b	0,25	1,50	8,00
Intensidad de sabor	1	5,38 ^a	0,23	3,00	8,00
	2	5,03 ^a	0,20	2,00	8,00
Aceptabilidad	1	5,13 ^a	0,21	1,00	7,00
	2	5,35 ^a	0,20	1,50	7,00

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las características sensoriales se evaluaron en una escala de 1 a 8 para dureza (1= extremadamente dura, 8= extremadamente suave), jugosidad (1= extremadamente seca, 8= extremadamente jugosa), color (1= extremadamente blanca, 8= extremadamente rosada), tejido conectivo (1= abundante, 8= nada), intensidad del sabor (1= extremadamente ligero, 8= extremadamente intenso), y aceptabilidad (1= extremadamente desagradable, 8= extremadamente agradable).

Cuadro 13. Frecuencias porcentuales obtenidas sobre la apreciación sensorial de las características evaluadas a los siete días de maduración de la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable (%)	Tratamiento	Escala hedónica								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Dureza	1	5	8	20	13	13	16	11	14	100
	2	0	6	17	10	17	20	12	18	100
Jugosidad	1	1	16	13	13	27	23	7	0	100
	2	0	16	17	17	24	18	6	2	100
Color	1	0	0	21	55	14	10	0	0	100
	2	2	1	16	18	32	14	2	0	100
Tejido Conectivo	1	0	1	11	14	18	18	20	18	100
	2	0	8	14	14	18	20	20	6	100

Intensidad de Sabor	1	0	0	18	15	20	13	21	13	100
	2	0	4	12	14	32	22	14	2	100
Aceptabilidad	1	2	7	9	9	20	32	21	0	100
	2	0	4	6	8	31	29	22	0	100

Las características sensoriales se evaluaron en una escala de 1 a 8 para dureza (1= extremadamente dura, 8= extremadamente suave), jugosidad (1= extremadamente seca, 8= extremadamente jugosa), color (1= extremadamente blanca, 8= extremadamente rosada), tejido conectivo (1= abundante, 8= nada), intensidad del sabor (1= extremadamente ligero, 8= extremadamente intenso), y aceptabilidad (1= extremadamente desagradable, 8= extremadamente agradable).

Respecto a la frecuencia de apreciación sensorial presentada en el cuadro anterior (Cuadro 13), la carne de ternero fue considerada extremadamente suave, solo por el 14% y el 18% de la población y moderadamente dura por el 20% y 17%, respectivamente para ambos tratamientos a los siete días de maduración, mientras que el 29% de los panelistas percibió la carne de ternero de ligera a moderadamente suave en T1, y el 32% de moderadamente a muy suave en T2.

Por su parte, la carne en el parámetro de jugosidad fue valorada por el 50% de los panelistas de ligera a moderadamente jugosa en T1, mientras que el 42% de los panelistas la colocaron entre estas categorías en T2. La población casi no percibió la carne extremadamente jugosa en ninguno de los tratamientos, de igual manera, no la consideraron extremadamente seca.

En relación con el color, el 55% de los panelistas observaron la carne de ternero ligeramente blanca a las 26 semanas de sacrificio, por su parte, el 46% la clasificó entre ligera a moderadamente rosada a las 32 semanas. Se podría especular que dichos resultados son debido a la edad de los animales, sin embargo, en el Cuadro 13 se puede observar que la carne fue considerada de muy blanca a moderadamente blanca por el 32% de la población en T2, mientras que para el T1 ningún panelista considero la carne muy blanca.

El 74% de la población en T1 percibió de una ligera presencia a nada de tejido conectivo, por su parte, 64% la considero entre estas categorías en T2. En ambos tratamientos, el 0% de los panelistas no distinguieron abundante presencia de tejido conectivo en los trozos de carne. En animales jóvenes, el contenido de colágeno

en la carne es menor que en animales adultos y el porcentaje de colágeno soluble es mayor entre más joven sea el animal (Domaradzki *et al.* 2017).

Por su parte, la intensidad de sabor fue considerada entre ligero a muy ligero por el 54% de los panelistas en T1 y por el 68% de los panelistas en T2. Ninguno de los panelistas percibió un sabor extremadamente intenso en la carne en ambos tratamientos.

Finalmente, la aceptabilidad general de la carne fue entre ligera a muy agradable en un 73% y un 82%, respectivamente. Ningún tratamiento fue calificado como extremadamente agradable. Mousquer *et al.* 2013 indican que las principales características asociadas a la aceptabilidad de la carne por parte de los consumidores es la terneza y la jugosidad.

Al realizar un análisis de componentes principales (CP) (Figura 16) se puede explicar gráficamente la correlación lineal entre las variables evaluadas en el panel sensorial para los dos tratamientos a los dos y siete días de maduración, donde todas resultaron ser de alto peso, alcanzando el 92,9% de la variabilidad total en los

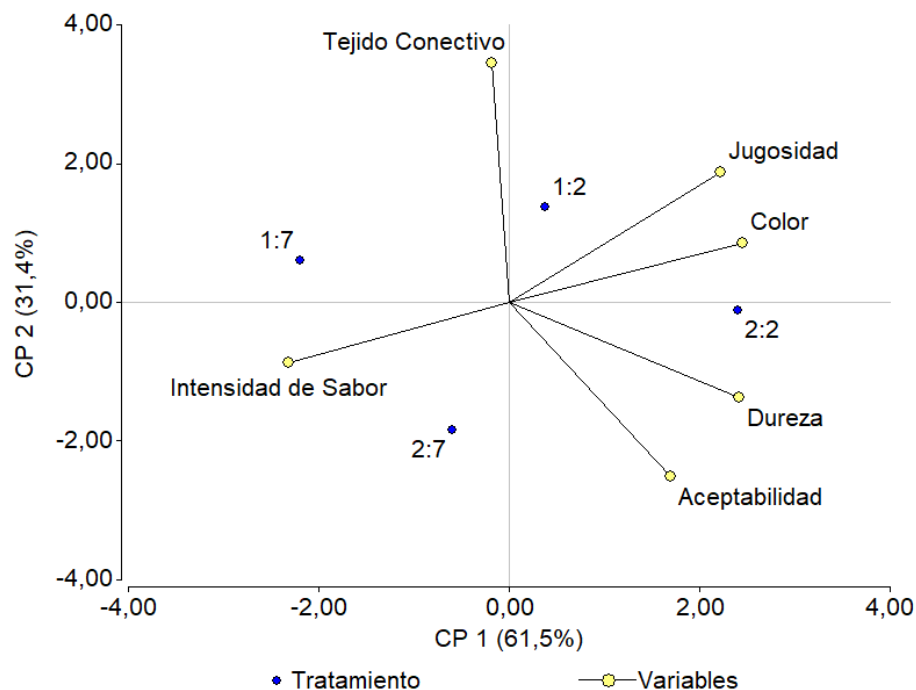


Figura 16. Gráfico bi-plot de los dos componentes principales (CP) para las variables analizadas en el panel sensorial según el tratamiento y el tiempo de maduración.

dos primeros CP, el 61,5% en el eje X (CP1) y el 31,4% en el eje Y (CP2). La intensidad de sabor, el color, la dureza y la jugosidad, son los parámetros que mejor absorben la variabilidad.

El T1 en ambos días de maduración tiene valores altos de tejido conectivo. Por su parte, la maduración a los dos días (M2) en ambos tratamientos presentaron valores altos en color y jugosidad. El T2 en ambos tiempos de maduración presentaron valores altos de dureza y aceptabilidad y M7 en ambos tratamientos presentaron valores altos de aceptabilidad, intensidad de sabor y tejido conectivo.

Mediante un análisis de Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS por sus siglas en inglés) se encontró que la relación entre las variables predictoras, es decir, la causa, y las variables de respuesta, el efecto, se explica en un 100% (Figura 17). La variable que los panelistas asociaron con la aceptabilidad fue la jugosidad. Por el contrario, el tejido conectivo y la intensidad de sabor no fueron parámetros asociados a la aceptabilidad.

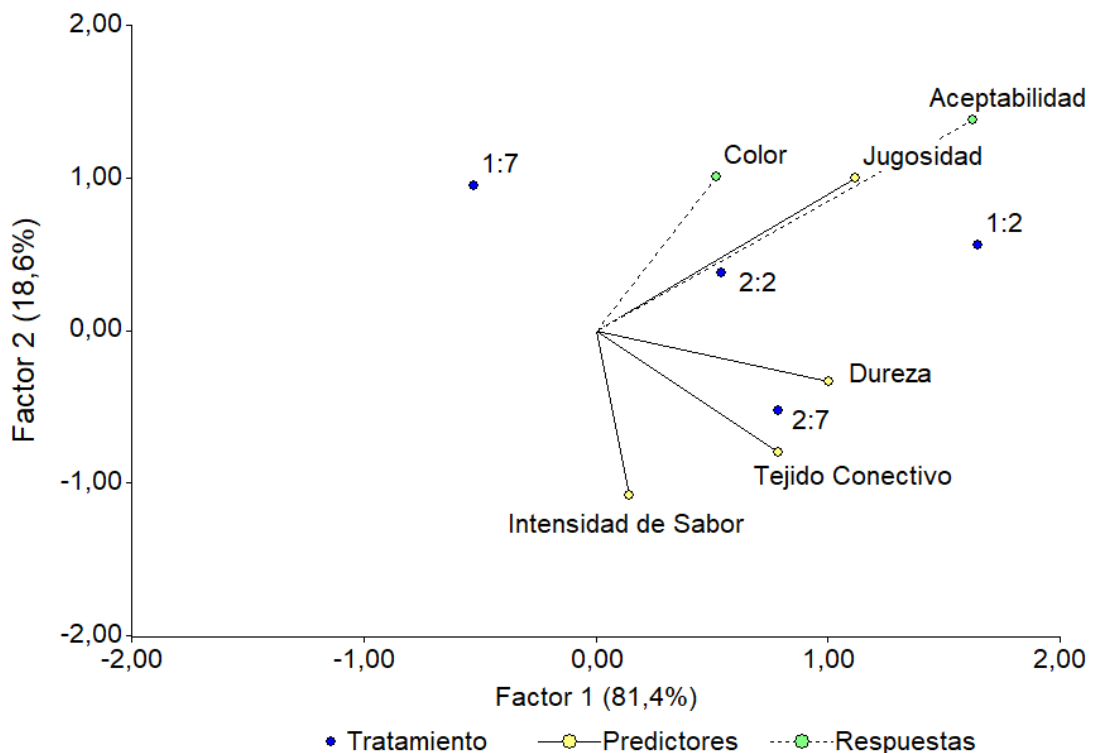


Figura 17. Gráfico tri-plot de la correlación existente entre las variables analizadas en el panel sensorial según el tratamiento y el tiempo de maduración.

En la Figura 18 se observa la formación de dos conglomerados según los días de maduración, el conglomerado 1 formado por ambos tratamientos a los dos días de maduración y el conglomerado 2 conformado por las evaluaciones de T1 y T2 a los siete días de maduración.

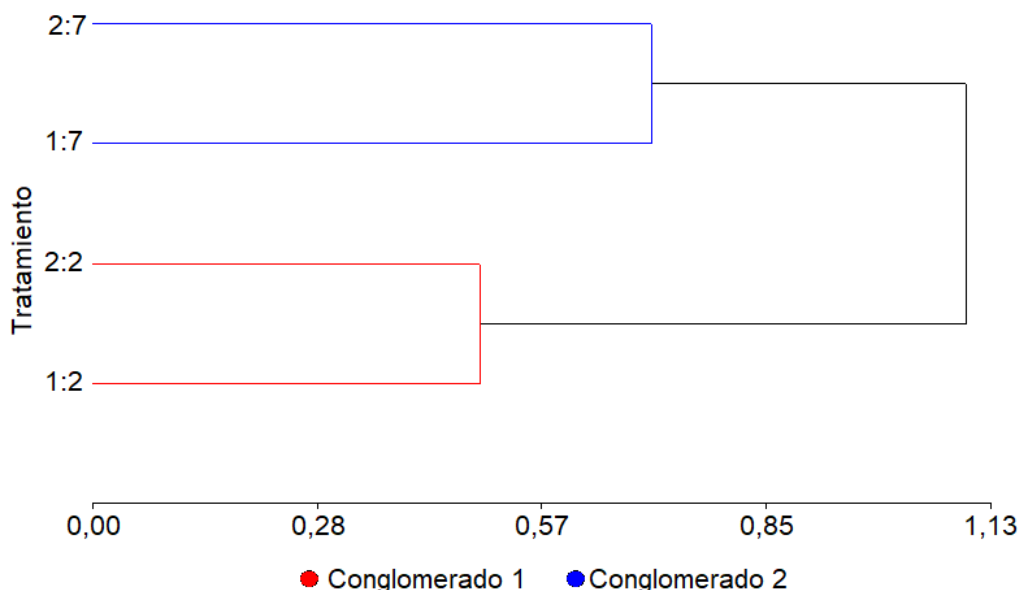


Figura 18. Agrupación de los conglomerados según el tratamiento y el tiempo de maduración, de acuerdo con las variables analizadas en el panel sensorial.

En el Cuadro 14 se observa los resultados del análisis de la varianza multivariado (ANAVAM) mediante la prueba de comparación de Hotelling (Alfa=0,05), la cual determinó diferencias significativas entre los conglomerados (Wilks, $p < 0,0001$) según las variables evaluadas en el panel sensorial.

Cuadro 14. Medias del análisis multivariado para los conglomerados según las variables analizadas en el panel sensorial de carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Conglomerado	Dureza	Jugosidad	Color	Tejido Conectivo	Intensidad de Sabor	Aceptabilidad	
1	5,43 ^a	5,37 ^a	4,38 ^a	5,56 ^a	4,57 ^b	5,28 ^a	A
2	5,00 ^b	4,35 ^b	4,05 ^b	5,42 ^a	5,22 ^a	5,23 ^a	B

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Letras mayúsculas representan las diferencias entre conglomerados y las letras minúsculas las diferencias entre cada una de las variables.

De acuerdo con los conglomerados del análisis anterior, los panelistas encontraron diferencias significativas solo entre los días de maduración, pero no entre tratamientos y estas diferencias están explicadas en las variables jugosidad, color e intensidad de sabor. Con respecto a las variables dureza, tejido conectivo y aceptabilidad no se percibieron diferencias significativas entre ellas.

4.7 Perfil de Ácidos Grasos

En el perfil de ácidos grasos se obtuvieron los siguientes resultados.

Cuadro 15. Valores medios de ácidos grasos (%) y extracto etéreo del músculo Longissimus dorsi lumborum de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 y 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Ácidos Grasos (%)	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Saturados (SFA)	58,26	2,80	55,02	63,68
Monoinsaturados (MUFA)	38,84	2,13	35,47	41,64
Poliinsaturados (PUFA)	1,31	0,07	1,21	1,36
Insaturados/saturados	0,67	0,06	0,56	0,74
Poliinsaturados/saturados	0,02	0,01	0,02	0,02
Extracto etéreo*	2,34	1,30	0,96	4,25

*El extracto etéreo se realizó solo a los terneros del segundo tratamiento, y el análisis de ácidos grasos a terneros del primer tratamiento.

Los ácidos grasos saturados (SFA) componen entre el 33,99% y el 52,40% del total de ácidos grasos presentes en la grasa intramuscular de la carne de ternero, mientras que los monoinsaturados (MUFA) representan entre el 29,38% y 51,00% y raramente superan a los SFA. Por su parte, los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) se encuentran en menor cantidad, variando entre 5,35% y 30,80% (Domaradzki *et al.* 2017).

Con base a los resultados de numerosos estudios recopilados por Domaradzki *et al.* (2017), los SFA de este estudio se encuentran por encima de los porcentajes reportados en la literatura. Por su parte, MUFA esta entre los rangos normales y PUFA muy por debajo del promedio. La relación poliinsaturados/saturados también es baja, donde Razminowicz *et al.* (2006), obtuvieron un promedio de 0,11% y Ripoll *et al.* 2013 de reportaron una relación de 0,84%.

Los ácidos grasos que predominan en la grasa intermuscular de carne de ternero son el ácido palmítico 16:0 (19% – 31%) y el ácido esteárico 18:0 (11% – 17%) los cuales componen un 80% de los SFA. Al comparar los resultados de este estudio con la literatura, tenemos que los ácidos grasos 16:0 (30,10%) y 18:0 (16,49%) (Cuadro A2) se encuentran entre los rangos normales reportados por diversos autores (Domaradzki *et al.* 2017).

Por su parte, los ácidos predominantes en MUFA son el ácido oleico 18:1c9 (22% – 38%) y el ácido palmitoleico 16:1c9 (1,75% – 4,51%), y juntos conforman alrededor del 70% de los MUFA. En este estudio se obtuvieron rangos normales para 18:1c9 (35,83%) y 16:1c9 (2,33%) (Cuadro A2).

Asimismo, en PUFA se encuentran mayormente el ácido linoleico 18:2 n – 6 (2,45% – 13,15%) y el ácido araquidónico 20:4 n – 6 (0,72% – 9,39%), y en conjunto representan más del 55% de los PUFA totales (Aldai *et al.* 2012; Domaradzki *et al.* 2017; Florek *et al.* 2015; Pestana *et al.* 2012; Ripoll *et al.* 2013). En los análisis realizados en este estudio se encontró un 1,02% de ácido 18:2 n – 6 (Cuadro A2) y no se reportaron resultados del ácido 20:4 n – 6, por lo que se presume que la ausencia de estos valores son la causa del bajo promedio de PUFA y de la baja relación poliinsaturados/saturados (Cuadro 15) donde Domaradzki *et al.* (2017) reporta que en bovinos esta relación es de 0,1.

Con base en el análisis de diversas investigaciones llevadas a cabo en Europa, Domaradzki *et al.* 2017, concluyen que los terneros criados con sus madres hasta el sacrificio y con acceso a pasturas presentan altas proporciones de n – 3 PUFA, por lo tanto, mejores relaciones de P/S y n – 6/n – 3, lo cual se traduce como una carne con mayores beneficios para la salud. Bispo *et al.* (2010b) aseguran que una de las mejores estrategias para mejorar la calidad de la carne de ternero en términos de salud es permitir que los terneros ingieran leche hasta el sacrificio, ya que provoca que el rumen no se desarrolle completamente, induciendo a que la tasa de biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados sea baja debido a la poca actividad microbiana.

La cantidad de CLA encontrada en la muestra fue de 0,94 mg por 100 g de carne. El CLA fue detectado en apenas una de las muestras igual a lo encontrado por Alves (2007) que reportó un 0,83%. Estos resultados son típicos en animales que no han recibido una alimentación a base de pastos.

Adicional al análisis de ácidos grasos, se realizó extracto etéreo, el cual resultó ser de 2,34 gramos por cada 100 g de carne (Cuadro 15). Alves (2007) reportó 4,4% de extracto etéreo para terneros en el trópico. Por su parte, Aldai *et al.* (2012) obtuvieron un porcentaje de 2,46% para en animales cruzados y 1,44% para animales Limousin en clima templado.

Las diferencias de la literatura con lo obtenido en este estudio pueden ser debidas por aspectos genéticos, el sistema de producción y la región geográfica donde se encuentran los animales, según los explican Aldai *et al.* 2012 y Terler *et al.* 2014. Asimismo, se puede explicar por el análisis químico realizado, ya que por alguna razón que se desconoce, en ciertos terneros los PUFA no fueron percibidos.

Índice aterogénico e índice trombogénico

Los índices aterogénico y trombogénico se determinaron con base a las fórmulas descritas en la metodología, para las cuales se utilizaron la media de los ácidos grasos involucrados en dichas ecuaciones. Para el índice aterogénico (IA) se obtuvo un valor de 1,60, mientras que para el índice trombogénico (IT) de 2,96. Alves (2007) reporta valores de 1,63 de IA y 3,09 de IT en bovinos jóvenes en el trópico, semejante a lo obtenido en este estudio.

En comparación con otros tipos de carne, Giuffrida-Mendoza *et al.* (2014) encontraron en el músculo *Longissimus dorsi thoracis* de búfalos de agua y bovinos cebús entre los 17 y 24 meses de edad, índices aterogénico y trombogénico de 0,56 y 0,65 en búfalos, mientras que en bovinos 0,63 y 0,67, respectivamente. Por su parte, Pilarczyk y Wójcik (2015) reportaron en el músculo *Longissimus lumborum* de bovinos de diferentes razas *Bos taurus* de 25 meses de edad valores para IA entre 1,62 y 1,85 y para IT entre 3,63 y 3,98.

Es importante mencionar que en la literatura se encuentra poca información sobre estos índices y no se tiene certeza de cuáles son los rangos de referencia, por lo que se aconseja empezar a incluir estos datos en las tablas de composición lipídica de la carne.

5 CONCLUSIONES

- Las características de la canal PPF, PPP, merma finca/planta, PCC, rendimiento pie/canal, PCF y merma por frío de terneros de encaste Brahman cosechados a los seis y siete meses se encuentran dentro de los rangos descritos en la literatura para animales criados en el trópico.
- La maduración de la carne de ternero incremento la terneza del músculo *Longissimus dorsi lumborum* conforme transcurrieron los días, por lo tanto, la práctica de maduración ayudaría a mantener un rango de calidad.
- La cobertura de grasa que presentan las canales de ternero es prácticamente nula, esto se puede asociar a un efecto negativo en la suavidad de la carne debido al *cold shortening*.
- El color de la carne de ternero resultó ser rosada, lo que la diferencia de la carne roja de bovinos adultos. Dicho resultado fue apreciable por los panelistas, que la clasificaron como carne ligeramente blanca.
- El perfil lipídico del músculo *Longissimus dorsi lumborum* en terneros de encaste Brahman a los seis y siete se encuentra dentro de los rangos normales descritos para carne de ternero.
- En la apreciación sensorial para la carne de ternero de encaste Brahman los panelistas encontraron diferencias entre los días de maduración, determinando que la carne de ternero es de ligera a moderadamente agradable, siendo la terneza y la jugosidad de la carne las variables asociadas a la aceptabilidad.

6 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con más unidades muestrales que permitan reducir el sesgo de los datos.
- Registrar medidas corporales para la evaluación del crecimiento del animal como la altura a la cruz, peso al nacimiento y el peso cada mes.
- Evaluar el desempeño de los animales con diversas dietas energéticas y el costo de producción en comparación con los sistemas tradicionales.
- Realizar investigaciones similares en terneros de lechería donde se podría comparar los costos de producción de cría de terneros en sistemas extensivos versus sistemas de lechería.
- El tipo de alimentación también es un factor influyente en el color del músculo, por lo que es recomendable llevar a cabo estudios que permitan determinar qué tipo de dieta es la que mejor se adapta a los animales y que permita cumplir las exigencias del consumidor costarricense.
- Realizar un análisis de la composición de la canal con datos estadísticamente aceptables.
- De realizarse un sistema de clasificación de canales para Costa Rica, se recomienda incluir la categoría de canal de ternero.
- Evaluar fuerza de corte entre los 2, 7, 14, 21 y 28 días de maduración para poder conocer la curva de maduración en el musculo *Longissimus dorsi* de la carne de ternero.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Albertí, P; Ripoll, G; Albertí, C; Panea, B. 2016. Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. Eurocarne: La revista internacional del sector cárnico, 244:131-142.
- Aldai, N; Lavín, P; Kramer, JKG; Joroso, R; Mantecón, AR. 2012. Breed effect on quality veal production in mountain areas: emphasis on meat fatty acid composition. Meat Science, 92:687-696.
- Almeida-Júnior, GA. 2005. Produção de vitelos de carne rosa com bezerros holandeses. Tesis Doctoral. Butucatu, Brasil, UNESP. 115 p.
- Almeida-Júnior, GA; Costa, C; Ribeiro de Carvalho, SM; Panichi, A; Persichetti-Júnior, P. 2008a. Características de carcaças e dos componentes não-carcaça de bezerros holandeses alimentados após o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, 37(1):157-163.
- Almeida-Júnior, GA; Costa, C; Ribeiro de Carvalho, SM; Panichi, A; Persichetti-Júnior, P. 2008b. Composição físico-química de carcaças de bezerros holandeses alimentados após o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, 37(1): 164-167.
- Alves, FV. 2007. Desempenho zootécnico e características físico-químicas da carne de vitelões Nelore e Limousin x Nelore criados sob sistema orgânico e submetidos a diferentes suplementações em cocho privativo. Tesis Doctoral. Universidade de São Paulo.
- Alves, PAM; Lizieire, RS. 2001. Teste de um sucedâneo na produção de vitelos. Revista Brasileira de Zootecnia, 30(3): 817- 823.
- AMSA (American Meat Science Association). 2012. Meat Color Measurement Guidelines. Champaign, Illinois USA. 135 p.

- AMSA (American Meat Science Association). 2016. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. 2nd edition (version 1.02). Champaign, Illinois USA. 106 p.
- AUS-MEAT. 2020. Handbook of Australian beef processing. The Aus-Meat language. AUS-MEAT Limited.
- Bentham, J. 2007. Veal, without the cruelty. The Guardian. Consultado el 19 de noviembre de 2019. Disponible en. <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2007/sep/05/foodanddrink.allegramcevedy>
- Beriain, MJ; Goñi, MV; Indurain, G; Sarriés, MV; Insausti, K. 2009. Predicting *Longissimus dorsi* myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as a colour stability index. Meat Science, 81: 439-445.
- Bispo, E; Monserrat, L; González, L; Franco, D; Moreno, D. 2010a. Effect of weaning status on animal performance and meat quality of Rubia Gallega calves. Meat Science, 86: 832-838.
- Bispo E; Moreno, T; Latorre, A; González, L; Herradón, PG; Franco, D; Monserrat, L. 2010b. Effect of weaning status lipids of Galician Blond veal: Total fatty acids and 18:1 cis and trans isomers. Meat Science, 86:357-363.
- Cabezas-Zábala, CC; Hernández-Torres, BC; Vargas-Zárate, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. Revista de la Facultad de Medicina, 64(4):761-768.
- Carduza, F; Grigioni, GM; Irurueta, M. 2002. Evaluación organoléptica de calidad en carne: A pedido del consumidor. Idia XXI, Buenos Aires-Argentina. 2(2): 145-150.
- Carrillo-Fernández, LM; Dalmau-Serra, J; Martínez-Álvarez, JR; Solà-Alberich, R; Pérez-Jiménez, F. 2011. Grasas de la dieta y salud cardiovascular. Clínica e Investigación en Arteriosclerosis, 23(Supl. 1):1-36.

- Castillo-Umaña, MA; López-Herrera, M; Montero-Quirós, A; Soto-Murillo, H. 2015. Características pre-destete de cruces genéticos de bovinos de carne en el trópico seco costarricense. *Nutrición Animal Tropical*, 9(2): 105-123.
- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2): 225-243.
- CORFOGA (Corporación Ganadera). 2002. Guía fotográfica: sistema de clasificación de canales. San José, CR. 27 p.
- CORFOGA (Corporación Ganadera). 2013. Consumo, hábitos, uso y aptitudes: Carne de Res. [en línea]. Consultado el 30 de mayo de 2018. Disponible en <http://www.corfoga.org/>.
- CORFOGA (Corporación Ganadera). 2017. Historia de la Ganadería en Costa Rica. [en línea]. Consultado el 30 de mayo de 2018. Disponible en <http://www.corfoga.org/>.
- Cottrell, HM; Haney, JG; Elling, OH; 1902. Baby Beef. Experiment Station of the Kansas State Agricultural College, Manhattan. 113:39-49.
- Covas, MI; Nyssönen, K; Poulsen, HE; Kaikkonen, J; Zunft, HJF; Kiesewetter, H; Gaddi, A; De la Torre, R; Mursu, J; Bäumlér, H; Nascetti, S; Salonen, JT; Fitó, M; Virtanen, J; Marrugat, J. 2006. The effect of polyphenols in olive oil on heart disease risk factors: a randomized trial. *Annals of internal medicine*, 145(5):333-341.
- De Smet, S; Raes, K; Demeyer, D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: A review. *Animal Research*, 53: 81-98.
- Domaradzki, P; Florek, M; Litwińczuk, A. 2013. Total and soluble collagen contents in skeletal muscles of different cattle categories of polish Holstein-Friesian breed. *EPISTEME: Czasopismo Naukowo-Kulturalne*, 21(2): 177-185.

- Domaradzki, P; Stanek, P; Litwińczuk, Z; Skalecki, P; Florek, M. 2017. Slaughter value and meat quality of suckler calves: A review. *Meat Science*, 134: 135-149.
- Drake, MA. 2007. Invited review: Sensory analysis of dairy foods. *Journal of dairy science*, 90(11): 4925-4937.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2017. Grupo InfoStat, FCA. Programa de Computo, versión 24-03-2011. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.
- Dunne, PG; Monahan, FJ; O'Mara, FP; Moloney, AP. 2009. 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*, 81(1): 28-45.
- EBLEX. 2011. Niche market opportunities from Veal Production. Agriculture and Horticulture Development Board. Consultado el 8 de enero de 2020. Disponible en: www.eblex.org.uk
- EUROSTAT. 2015. Meat production statistics. Consultado el: 27 de diciembre de 2019. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Meat_production_statistics
- Felício, PE. 2000. Qualidade da carne Nelore e o Mercado mundial. Universidade Estadual de Campinas. 1-10.
- Fellet, VK. 2000. Produção de vitelo. *Boletim do Leite*, 7(77): p. 3.
- Florek, M. 2009. Effect of chosen factors on calf slaughter value, physicochemical parameters of meat and its nutritional quality. Dissertations of University of Life Sciences in Lublin.
- Florek, M; Litwińczuk, A; Skalecki, P; Ryszkowska-Siwko, M. 2007. The changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of

- ageing under vacuum. Polish Journal of Food and Nutrition Science, 57(3): 281-288.
- Florek, M; Domaradzki, P; Skalecki, P; Stanek, P; Litwińczuk, Z. 2015. Longissimus lumborum quality of Limousine suckler beef in relation to age and post-mortem vacuum ageing. Annals of Animal Science, 15(3): 785-797.
- Gallo SC; Pérez VS; Sanhueza VC; GASIC YJ. 2000. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. Archivos de medicina veterinaria, 32(2): 157-170.
- Garriz, CA. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. CIA.ITA.INTA. Castelar. Disertación Jornada Ganadería Vacuna, Fac. Agr. y Vet. UNRC.
- Golze, M. 2001. Wachstum, Schlachtleistung und Schlachtkörperqualität von Weidemastkälbern aus der Mutterkuhhaltung mit Fleischrindrassen. Archiv Tierzucht, 44: 621-627.
- Gómez-Barrio, LP. 2018. Impacto del nivel de ácidos grasos insaturados en la calidad de las hamburguesas de cordero envasadas en atmósferas modificadas. Tesis M, Sc. Oviedo, España, Universidad de Oviedo. 57 p.
- Hernández-Bautista, J; Aquino-López, JL; Ríos-Rincón, FG. 2013. Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. Nacameh, 7(2): 41-64.
- Hughes, J; Kearney, G; Warner, R. 2014. Improving beef meat colour scores at carcass grading. Animal Production Science, 54: 422-429.
- Inostroza, K; Larama, G; Sepúlveda, N. 2012. Composición de Ácidos Grasos (MUFA y CLA) en Tejido Muscular de Bovino Relacionado con la Presencia del Polimorfismo g. 878TC en el Gen SCD. International Journal of Morphology, 30(3): 934-936.

- Inostroza, RA. 2018. Rol de alimentos de origen animal en la dieta saludable Eje temático: Sistemas de Producción Agropecuario 1er Congreso Tecnológico Agropecuario, INACAP Osorno, 19 Julio 2018.
- Karolyi, D., Đikić, M., Salajpal, K., Čubrić-Čurik, V., & Jurić, I. 2006. Carcass traits of baby beef Simmental cattle. *Meso*, 8(6): 346-350.
- Keating, AF; Kennelly, JJ; Zhao, FQ. 2006. Characterization and regulation of the bovine stearoyl-CoA desaturase gene promoter. *Biochemical and biophysical research communications*, 344(1): 233-240.
- Kelava, N; Konjačić, M; Ivanković, A; Ramljak, J; Kos, I. 2009. Veal fatty acid composition of different breeds. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (Suppl.3): 261-263.
- Kien, CL. 2009. Dietary interventions for metabolic syndrome: role of modifying dietary fats. *Current diabetes reports*, 9(1):43.
- Kouba, M; Mourot, J. 2011. A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie*, 93(1): 13-17.
- León-Llanos, LM. 2009. Evaluación de la Calidad de la canal y el ganado Bovino en dos Frigoríficos de la Región de la Orinoquía. Tesis M. V. Villavicencio, Colombia, UNILLANOS. 78 p.
- Lindahl, G. 2011. Colour stability of steaks from large beef cuts aged under vacuum or high oxygen modified atmosphere. *Meat Science*, 87: 428-435.
- Litwińczuk, Z; Stanek, P; Jankowski, P; Domaradzki, P; Florek, M. 2013. Schlachtwert von Limousin-Kälbern mit unterschiedlichem Alter und Gewicht. *Fleischwirtschaft*, 8:103-106.
- Matía-Martín, P; Lecumberri-Pascual, E; Calle-Pascual, AL. 2007. Nutrición y síndrome metabólico. *Revista Española de Salud Pública*, 81(5):489-505.

- Mancini, RA; Hunt, MC. 2005. Current research in meat color. *Meat Science*, 71: 100-121.
- McKenna, D. 2012. Warner-Bratzler Shear Force Measurement. *Meat Science Section*. 1-1.
- Miotello, S; Bondesan, V; Tagliapietra, F; Schiavon, S; Bailoni, L. 2009. Meat quality of calves obtained from organic and conventional farming. *Italian Journal of Animal Science*, 8(Suppl. 3): 213-215.
- Monteiro, ACG; Gomes, E; Barreto, AS; Silva, MF; Fontes, MA; Bessa, RJB; Lemos, JPC. 2013. Eating quality of “Vitela Tradicional do Montado”-PGI veal and Mertolenga-PDO veal and beef. *Meat Science*, 94: 63-68.
- Moreno-García, B. 2006. Higiene e inspección de Carnes. Volumen I. Ed. Díaz de Santos. España. p. 210-217.
- Moon, SS; Yang, HS; Park, GB; Joo, ST. 2006. The relationship of physiological maturity and marbling judged according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females. *Meat Science*, 74: 516-521.
- Moreno, T; Varela, A; Oliete, B; Carballo, JA; Sánchez, L; Montserrat, L. 2006. Nutritional characteristics of veal from weaned and unweaned calves: Discriminatory ability of the fat profile. *Meat Science*, 73: 209-217.
- Mousquer, CJ; Fernandes, GA; Días-Fernandes, FF; Bandeira-Ferreira, V; Bérte-Barbosa, LA; Da Freiria, LB; Rocha-Silca, M; Rodrigues de Castro, WJ. 2013. Produção de carne de vitelo: sistemas productivos e aspectos zooténicos. *PUBVET*, 7:2327-2345.
- Muchenje, V; Dzama, K; Chimonyo, M; Strydom, PE; Hugo, A; Raats, JG. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health. A review. *Food Chemistry*, 112: 279-289.
- NAMP (North American Meat Processors Association). 2007. The meat buyer's guide: Beef, lamb, veal, pork, and poultry. John Wiley & Sons, Inc.

- Ngapo, TM; Gariepy, C. 2006. Factors affecting the meat quality of veal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10): 1412-1431.
- Nishimura, T. 2015. Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat. *Meat Science*, 109: 48-55.
- Nogalski, Z; Wroński, M; Wielgosz-Groth, Z; Purwin, P; Sobczuk-Szul, M; Mochol, M; Pogorzelska, P. 2013. The effect of carcass conformation class (EUROP system) on the slaughter quality of young crossbred beef bulls and Holstein-Friesians. *Annals of Animal Science*, 13(1): 121-131.
- Oda, SH; Bressan, MC; Miguel, GZ; Vieira, JO; Faria, PB; Savian, TV; Kabeya, DM. 2004. Effect of slaughter method and gender on the meat quality of capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris* L. 1766). *Food Science and Technology*, 24(3): 341-346.
- OECD-FAO. 2010. OECD-FAO Agricultural Outlook 2010–2019 Highlights. <http://www.agri-outlook.org/>.
- OECD-FAO. 2017. OECD-FAO Agricultural Outlook 2017–2026 Highlights. <http://www.agri-outlook.org/>.
- Olivan-García, MC; Sierra-Sánchez, V; García-Espina, MJ. 2013. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Tecnología agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA*, (12): 45-52.
- OVA (Ontario Veal Association). 2013. Ontario Veal Production Information. Consultado el 17 de noviembre de 2019. Disponible en https://web.archive.org/web/20131020230407/http://www.ontarioveal.on.ca/all_about_veal/vealproduction.html
- Pardon, B; Catry, B; Boone, R; Theys, H; De Bleecker, K; Dewulf, J; Deprez, P. 2014. Characteristics and challenges of the modern Belgian veal industry. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 83: 155-163.

- Parvu, M; Andronie, IC; Simion, VE; Amfim, A. 2015. Studies on Growth Rate of Limousine Calves Maintained on Pasture and Free Stabulation. *Animal Science and Biotechnologies*, 48(1): 276-278.
- Pearce, KL; Rosenvold, K; Andersen, HJ; Hopkins, DL. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. *Meat Science*, 89: 111-124.
- Pérez-Gutiérrez, E. 2017. Manual de manejo: sistemas intensivos sostenibles de ganadería de engorde. INTA, San José, CR. 43 p.
- Perry, N. 2012. Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1): 78-80.
- Perry, D; Shorthose, WR; Ferguson, DM; Thompson, JM. 2001. Methods used in the CRC program for the determination of carcass yield and beef quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41(7): 953-957.
- Pestana, JM; Costa, ASH; Alves, SP; Martins, SV; Alfaia, CM; Bessa, RJB; Prates, JAM. 2012. Seasonal changes and muscle type effect on the nutritional quality of intramuscular fat in Mirandesa-PDO veal. *Meat Science*, 90: 819-827.
- Pochón, DO. 2002. Surco reticular de los rumiantes. Revisión bibliográfica. *Revista Veterinaria*, 12 (1 y 2): 34-44.
- Pozo, R. 1993. Problemas de calidad en la carne del toro lidiado. *Boletín de la Real Academia de Córdoba*, N° 125, pp. 333-343.
- Quesada-Quesada, M. 2019. Efecto de la suplementación con semolina de arroz en el desarrollo, composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo en La Vega, San Carlos. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Local San Carlos. 104 p.

- Quiroz-Osorio, K; Restrepo-Molina, DA; Barahona-Rosales, R. 2016. Efecto del tiempo de ayuno sobre el rendimiento en canal y el pH en canales bovinas. [en línea]. Revista Lasallista de Investigación. 13(2). Consultado el 6 de junio de 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69549127008>.
- Ramírez-Barboza, JI. 2014. Evaluación de niveles crecientes de energía en la suplementación de novillo de engorde en pastoreo. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 97 p.
- Ramírez-Navas, JS. 2012. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Revista ReCiTeIA, 12(1): 83-102.
- Razminowicz, RH; Kreuzer, M; Scheeder, MRL. 2006. Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. Meat Science, 73: 351-361.
- Regulación UE No. 1308/2013. 2013. Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organization of the markets in agricultural products. Annex IV: Union Scales for the classification of carcasses referred to in Article 10.
- Revilla, I; Vivar-Quintana, AM. 2006. Effect of breed and ageing time on meat quality and sensory attributes of veal calves of the “Ternera de Aliste” Quality Label. Meat Science, 73:189-195.
- Ripoll, G; Albertí, P; Casasús, I; Blanco, M. 2013. Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. Meat Science, 93: 336-343.
- Robaina-Piegas, RM; Castro-Díaz, LE. 2004. Valoración de los bovinos, sus canales y sus cortes. [en línea]. INIA Uruguay. Consultado el 19 de marzo de 2018. Disponible en: http://www.inia.org.uy/prado/2004/valoracion_carnica.htm.

- Rodríguez, J. 2012. Effect of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produces in a tropical climate. Thesis M. Sc. Kansas, United States, Kansas State University. 93 p.
- Rodríguez-González, K. 2014 Efecto del componente racial sobre parámetros productivos, de la canal y de calidad de la carne de novillos de engorde sublementados bajo condiciones de pastoreo. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos.
- Rodríguez-Salas, YS. 2018. CORFOGA: Informe Anticíclico. Departamento de Investigación y Divulgación, CORFOGA. San José, CR. 7 p.
- Sánchez, IC; Albarracín, W. 2010. Sensory analysis of meat. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2): 227-239.
- Sans, P; De Fontguyon, G. 2009. Veal calf industry economics. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 160(8-9):420-424.
- Sañudo, C; Campo, MM; Sierra, I; María, GA; Olleta, JL; Santolaria, P. 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Science*, 46(4): 357-365.
- Savell, JW; Mueller, SL; Baird, BE. 2005. The chilling of carcasses. *Meat science*, (7032): 449-459.
- Schönfeldt, HC; Strydom, PE. 2011. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. *Meat Science*, 87: 206-218.
- Serra, X; Gil, M; Gispert, M; Guerrero, L; Oliver, MA; Sañudo, C; Campo, MM; Panea, B; Olleta, JL; Quintanilla, R; Piedrafita, J. 2004. Characterisation of young bulls of Bruna dels Pirineus cattle breed (selected from old Brown Swiss) in relation to carcass, meat quality and biochemical traits. *Meat Science*, 66: 425-436.
- Serra, X; Guerrero, L; Guàrdia, MD; Gil, M; Sañudo, C; Panea, B; Campo, MM; Olleta, JL; García-Cachán, MD; Piedrafita, J; Oliver, MA. 2008. Eating quality

- of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *MeatScience*, 79: 98-104.
- Stone, H. 2012. *Sensory evaluation practices*. 4 ed. Stone, H; Bleibaum, RN; Thomas, HA. (eds.). Academic press, Elsevier Inc. 438 p.
- Suárez, E; Reza, S; Díaz, E; García, F; Pastrana, I; Cuadrado, H; Espinosa, M. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(2): 207-212.
- Terler, G; Velik, M; Häusler, J; Kitzler, R; Kaufmann, J. 2014. Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern (Fleckvieh×Limousin und Limousin) aus der Mutterkuhhaltung. *Viehwirtschaftliche Fachtagung*, 41: 85-95.
- Tierney, AC; Roche, HM. 2007. The potential role of olive oil-derived MUFA in insulin sensitivity. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(10):1235-1248.
- UCR (Universidad de Costa Rica). 2015. CINA (Centro de Investigación en Nutrición Animal). Laboratorio de Química (en línea). San José, CR. Consultado 04 jun. 2018. Disponible en <http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php/2015-10-28-20-54-43/laboratorio-de-quimica>.
- Ulbricht, TLV; Southgate, DAT. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773): 985-992.
- USDA. 1980. *United States Standards for Grades of Veal and Calf Carcasses*. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Livestock and Seed Division.
- USDA. 2013. *Veal from farm to table*. Consultado el 17 de noviembre de 2019. Disponible en https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/meat-preparation/veal-from-farm-to-table/CT_Index.

- USDA. 2017. United States Standards for Grades of Carcass Beef. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Livestock and Seed Division.
- Van Dijk, SJ; Feskens, EJ; Bos, MB; Hoelen, DWM; Heijligenberg, R; Bromhaar, MG; De Groot, LCPGM; De Vries, JHM; Muller, M; Afman, LA. 2009. A saturated fatty acid-rich diet induces an obesity-linked proinflammatory gene expression profile in adipose tissue of subjects at risk of metabolic syndrome. *The American journal of clinical nutrition*, 90(6):1656-1664.
- VFO (Veal Farmers of Ontario). 2019. The real deal about veal. Disponible en <http://ontarioveal.on.ca/all-about-veal/the-real-deal-about-veal/>
- Vieira, C; García, MD; Cerdeño, A; Mantecón, AR. 2005. Effect of diet composition and slaughter weight on animal performance, carcass and meat quality, and fatty acid composition in veal calves. *Livestock Production Science*, 93:263-275.
- Ynsaurralde, AE; Rébak, GI; Sánchez, S; Capellari, A. 2016. Terneza, grasa intramuscular y de cobertura en carne de novillos faenados en Corrientes (Argentina). *Revista veterinaria*, 24(2): 86-90.
- Zhang, Y; Zan, L; Wang, H; Xin, Y; Adoligbe, CM; Ujan, JA. 2010. Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. *African Journal of Biotechnology*, 9(28):4504-4509.

8 ANEXOS

Cuadro A1. Escala hedónica utilizada para la evaluación del panel sensorial.

Dureza	Jugosidad	Color	Tejido Conectivo	Intensidad de sabor	Aceptabilidad
1. Extremadamente dura	1. Extremadamente seca	1. Extremadamente blanca	1. Abundante	1. Extremadamente intenso	1. Extremadamente desagradable
2. Muy dura	2. Muy seca	2. Muy blanca	2. Moderadamente abundante	2. Muy intenso	2. Muy desagradable
3. Moderadamente dura	3. Moderadamente seca	3. Moderadamente blanca	3. Ligeramente abundante	3. Moderadamente intenso	3. Moderadamente desagradable
4. Ligeramente dura	4. Ligeramente seca	4. Ligeramente blanca	4. Moderado	4. Ligeramente intenso	4. Ligeramente desagradable
5. Ligeramente suave	5. Ligeramente jugosa	5. Ligeramente rosada	5. Ligero	5. Ligero	5. Ligeramente agradable
6. Moderadamente suave	6. Moderadamente jugosa	6. Moderadamente rosada	6. Trazas	6. Moderadamente ligero	6. Moderadamente agradable
7. Muy suave	7. Muy jugosa	7. Muy rosada	7. Prácticamente nada	7. Muy ligero	7. Muy agradable
8. Extremadamente suave	8. Extremadamente jugosa	8. Extremadamente rosada	8. Nada	8. Extremadamente ligero	8. Extremadamente agradable

Cuadro A2. Perfil de ácidos grasos presente en la carne de terneros de encaste Brahman sacrificados a las 26 semanas de edad. Valores expresados en g/100 g de carne. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Compuesto	Fórmula	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Ácido decanoico (cáprico)	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0,16	0,11	0,07	0,28
Ácido dodecanoico (láurico)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,91	0,09	0,78	0,98
Ácido tetradecanoico (mirístico)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	7,87	0,47	7,09	8,42
Ácido pentadecanoico	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	1,59	0,78	1,04	3,13
Ácido hexadecanoico (palmitico)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	30,1	2,32	27,52	33,7
Ácido delta-9-cis-hexadecénico (palmitoleico)	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	2,33	0,56	1,68	3,23
Ácido heptadecanoico (margárico)	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	1,41	0,55	0,48	2,08
Ácido octadecanoico (esteárico)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	16,49	1,63	15,25	19,82
Ácido cis-9-octadecanoico (oléico)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	35,83	1,93	32,9	38,09
Ácido 9-cis,12-cis-octadecadienóico (linoléico)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1,02	0,57	0,36	1,36
Ácido 9-cis,11-trans-octadecadienóico (CLA)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	0,94	0	0,94	0,94

En el Cuadro A3 se observan los datos reales obtenidos del deshuese de cuatro canales del segundo tratamiento, los cuales se comparan con los datos conseguidos aplicando la regresión lineal que utiliza los datos de peso de la canal fría y área del ojo del lomo de los mismos animales deshuesados. Estos datos no son presentados en los análisis y discusión de resultados debido a que es un n bajo estadísticamente.

Cuadro A3. Composición de la canal de cuatro terneros de encaste Brahman sacrificados a las 32 semanas de edad. Finca La Vega, San Carlos, 2018.

Variable	N	Media	E.E.	Mín	Máx
Carne (Kg)	4	48,48	3,17	41,98	54,80
Carne (%)	4	66,79	1,18	64,19	69,37

