

Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos¹

Effects of genotype and finish feed on commercial cuts and carcass quality traits of steers beef cattle

Karla Rodríguez-González², Anthony Valverde-Abarca³, Julio Rodríguez-González³, Olger Murillo-Bravo³, Marlen Camacho-Calvo³

Resumen

Los sistemas actuales de producción de carne bovina deben ser competitivos y estar orientados hacia la calidad cárnica como concepto de comercialización. El objetivo de este trabajo fue evaluar el componente genético y la suplementación en la fase final de novillos en pastoreo, sobre el crecimiento, composición de la canal y rendimiento cárnico. El periodo de evaluación fue de 126 días durante el año 2013, en la finca “La Vega” ubicada en el Cantón de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Se evaluó: en ganancia diaria de peso, espesor de grasa dorsal, marmoleo, profundidad de músculo, peso en pie, merma de transporte de finca a planta, peso canal caliente, rendimiento pie a canal, conformación muscular, grasa perirenal, diámetro de la pierna, longitud de la canal, área del ojo del lomo, grosor de grasa dorsal, pH y temperatura de la canal (2 y 24 h), merma de peso de canal caliente a canal fría. El componente genotípico de los bovinos incidió sobre las características de canal, así como el tipo de suplementación ofrecida. Los animales cruzados Brahman*Charolais (F1), presentaron mejor desempeño que los Brahman y/o Charolais, en características como profundidad de músculo y rendimiento en cortes cárnicos como lomito, posta de cuarto y punta de solomo. La suplementación ofrecida y el componente genotípico no influyeron en el rendimiento de carne vendible.

Palabras clave: ganado de carne, canal animal, carne de res, calidad de la carne.

Abstract

The current systems of beef production must be competitive and oriented towards meat quality as a marketing concept. The objective of this investigation was to evaluate on grazing steers the effect of the genotype and nutritional supplementation finishing on growth, carcass composition, and cutability performance. The evaluation period was of 126 days during 2013. The research was conducted at the “La Vega farm” located in San Carlos, Alajuela, Costa Rica. In the investigation an analysis of production characteristics was performed, and the following were determined: daily weight gain, backfat, marbling, muscle depth, packing plant live weight, weight loss from farm to abattoir, hot carcass weight, dressing %, muscle conformation, round circumference, carcass length, rib eye area, backfat, marbling, pH and temperature at 24 h and chill shrinkage. The genotypic component of cattle and the type of received

¹ Recibido: 9 de marzo, 2017. Aceptado: 26 de junio, 2017. Este trabajo formó parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía de la primera autora, realizada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Costa Rica.

² Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, Sede Regional San Carlos. Alajuela, Costa Rica. karlarg15@gmail.com

³ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo, Sede Regional San Carlos. Apdo. postal 223-21001 Alajuela, Costa Rica. anvalverde@itcr.ac.cr (autor para correspondencia), jurodriguez@itcr.ac.cr, olmurillo@itcr.ac.cr, mcamacho@itcr.ac.cr



supplementation affected the carcass traits. Brahman*Charolais (F1) crossed genotypes showed better performance than Brahman and / or Charolais, regarding characteristics such as muscle depth and yield in meat cuts, tenderloin, inside round and sirloin cap. The genotype and nutritional supplementation had no effect on total salable meat.

Keywords: beef cattle, animal carcasses, beef, meat quality.

Introducción

La mayor parte de la investigación relacionada con los sistemas de producción de carne bovina, se ha dirigido a la mejora de los rendimientos de los animales, las características de la canal y la calidad de la carne (Glaze et al., 2004). Se ha reconocido que la contribución de las zonas tropicales y subtropicales a la producción de carne bovina es casi la mitad de la producción mundial (Jank et al., 2005). En estas zonas, los sistemas de producción animal son altamente dependientes de recursos locales, que constituyen la base de una alimentación, cuyo componente principal son los forrajes, para disminuir los costos de producción. Los pastos tropicales y subtropicales están constantemente sujetos a la influencia de las condiciones ambientales; generalmente una época seca y otra lluviosa que, ocasionan variaciones en la calidad y/o cantidad del forraje disponible (Da-Silva y Carvalho, 2005), y conllevan a una inestable producción de forraje, que afecta el crecimiento y desempeño de los animales.

El crecimiento y la conformación de la canal en los bovinos, dependen de la variación genética existente entre y dentro de razas (Marshall, 1999). Sin embargo, aparte del componente genético, existen otros factores no genéticos que causan variabilidad en el desempeño de los bovinos durante el crecimiento y en las etapas de finalización, como el sistema de alimentación, el manejo pre y post cosecha, además del proceso de conversión de músculo a carne en la planta de cosecha (Belk et al., 2002). Estos factores están relacionados con la definición de la calidad de las canales. Una gran cantidad de trabajos han evaluado el efecto de estos factores sobre el crecimiento y la calidad de la canal en bovinos en etapa de finalización o engorde (Wheeler et al., 1990; Eilers et al., 1996; Realini et al., 2004; Monsón et al., 2005; Jiang et al., 2010; Zorzi et al., 2013; Pouzo et al., 2015; Lombardi et al., 2016). Sin embargo, en condiciones tropicales donde se utilizan sistemas de alimentación a base de forrajes, las variables de respuesta asociadas a las características de crecimiento y calidad de carne, pueden verse influenciadas y generar variabilidad. Por ejemplo, es reconocida la producción de carne en sistemas de pastoreo con menos grasa y con propiedades beneficiosas para la salud humana, con respecto a sistemas de producción más intensivos (Wood et al., 2003).

La producción de carne bovina cada día se hace más eficiente, porque va adoptando tecnologías que le permiten reducir el ciclo de producción. El cruzamiento ha sido utilizado como una herramienta que reduce el plazo de producción de carne (Purchas y Morris, 2007; Pinto et al., 2015), debido a que los animales cruzados son más precoces que los altamente seleccionados (*Bos indicus* o *Bos taurus*).

En la mayor parte de las fincas ganaderas, los productores realizan una serie de cruzamientos (aunque en algunos casos de forma no muy controlada), que permite disponer de animales cruzados de *B. indicus* (Brahman, nelore) y *B. taurus* (Charolais, Simmental) para el engorde o finalización, con las ventajas que ofrece la heterosis para el crecimiento animal (Gama et al., 2013).

La producción de carne y la calidad de la canal son factores de importancia económica que deben considerarse en los programas de producción de ganado de carne, por medio del mejoramiento genético (Caetano et al., 2013). Además, ya se ha descrito que el área del ojo del lomo está asociada con la cantidad de músculo, el rendimiento de la canal y, en especial, la proporción de cortes de primera calidad (Magnabosco et al., 2006), por lo que, se debe hacer énfasis en la selección de este carácter.

Los sistemas de alimentación con base en pasturas, tanto en condiciones intensivas como extensivas, se consideran como uno de los factores más importantes que afectan la producción de carne (Cooke et al., 2004). Los

sistemas de producción que se basan en una alimentación de tipo más extensiva suelen ser más baratos, pero se diferencian de los intensivos en que estos últimos presentan mejores acabados de las canales, altos rendimientos y en general, un mejor producto final asociado a la calidad de la carne (French et al., 2000).

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto del componente genético y de la suplementación en la fase final de novillos en pastoreo, sobre el crecimiento, composición de la canal y rendimiento cárnico.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó entre los meses de abril y setiembre de 2013, en la “Finca La Vega”, la cual pertenece a la Unidad de Ganado de Carne, del Programa de Producción Agropecuaria (PPA) de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. Esta finca se sitúa en el distrito de Florencia, provincia de Alajuela, Costa Rica; entre las coordenadas geográficas 10°21'43" de latitud norte y 84°28'39" de longitud oeste, a una altitud media de 160 msnm, con una temperatura promedio, humedad relativa y precipitación media de 26,2 °C, 85% anual y 3062 mm, respectivamente (Ramírez-Barboza et al., 2016). La fase de evaluación de la calidad de la canal y rendimiento carnicero se realizó en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en el cantón central de la provincia de Alajuela.

Sistema pecuario de producción

Se utilizaron treinta machos castrados de tres composiciones genotípicas: *Bos indicus*, *Bos taurus* y F_1 *Bos taurus***Bos indicus*, cuyas razas predominantes fueron Brahman, Charolais y Brahman*Charolais (F_1 Bra*Cha), respectivamente. En todos los casos y según los registros de parentesco y cruzamiento interracial, el porcentaje de genes mínimo de las razas fue de 87,5%. El peso y edad promedio al inicio del experimento fue de 417,9 ± 25,4 kg y 24,1 meses para Brahman, de 421,4 ± 19,5 kg y 25,3 meses para Charolais y de 417,4 ± 26,2 kg y 24,9 meses para F_1 Bra*Cha.

Los animales de cada genotipo fueron aleatorizados para cada nivel de suplementación (3,0 y 3,5 Mcal ED/kg MS). Se utilizó un diseño experimental de bloques generalizado con arreglo factorial 3*2 con tres genotipos y dos suplementos alimenticios, resultando seis grupos experimentales, con cinco animales por grupo.

Antes del inicio de la fase experimental, hubo un periodo de adaptación de veintidós días. Durante la fase experimental en campo, los animales se manejaron en un área de 18,78 ha establecidas con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*), predominantemente, mezclas aleatorias de Tanner (*Brachiaria radicans*) y Ratana (*Ischaemum indicum*); el área experimental se dividió de manera permanente en dieciocho potreros de 1,04 ha, con el propósito de establecer un sistema rotacional de dos días de ocupación y 34 días de descanso. El agua y los minerales se suministraron *ad libitum*, por medio de abrevaderos y comederos, respectivamente. Los animales se suplementaron con raciones que contenían 13% de proteína cruda. La suplementación se realizó considerando un consumo total de materia seca que representó el 2,75% del peso vivo (PV), según la metodología descrita por Cortés et al. (2003). Los aportes de materia seca (MS) correspondientes al forraje y las raciones balanceadas (Cuadro 1) fueron de 1,75% y 1,0% del PV, respectivamente (Pordomingo et al., 2007). El balance de las raciones de cada tratamiento de suplementación se realizó con un programa de formulación de mínimo costo. Todos los animales se sometieron a desparasitaciones internas (*Fasciola hepática*) y externas (*Boophilus microplus*, *Haematobia irritans*, *Cochlioma hominivorax*) según los protocolos comerciales establecidos por la unidad de producción. Cuando los animales alcanzaron el peso final fueron trasladados a la planta de cosecha, localizada a 84 km de distancia de la unidad de producción.

Cuadro 1. Composición química de las fuentes alimenticias para bovinos de carne en etapa de engorde-finalización en la Finca “La Vega”, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2013.

Table 1. Chemical composition of finish beef cattle feed in “La Vega” farm, a farm of the Agronomy School of the Technological Institute of Costa Rica, San Carlos Regional Headquarters, Alajuela, Costa Rica. 2013.

Fuente	MS	PC	PS	EE	Ce	FND	FAD	Lig	ENm
Forraje	24,4	9,1	-	1,7	9,3	65,1	40,5	4,8	-
Concentrado 1 ^b	88,2	13,0	25,7	6,1	3,8	25,1	17,3	-	1,7
Concentrado 2 ^b	87,9	13,0	39,9	9,3	4,3	25,8	13,3	-	1,8

MS: materia seca (%), PC: proteína cruda (%), PS: proteína de sobrepaso, EE: extracto etéreo, Ce: cenizas, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, Lig: lignina, ENm: energía neta de mantenimiento (Mcal/kg) / MS: dry matter, PC: crude protein, PS: ruminal bypass proteins, EE: ether extract, Ce: ash, FND: neutral detergent fiber, FAD: acid detergent fiber, Lig: lignin, ENm: net maintenance energy.

^b Concentrado comercial formulado para bovinos en etapa de finalización, concentrado 1 y 2 contienen 3,0 y 3,5 Mcal ED/kg MS, respectivamente / Commercial concentrate designed for finish cattle, concentrate 1 and 2 with 3.0 and 3.5 Mcal DE/kg DM, respectively.

Variables analizadas

Se evaluaron las variables de peso inicial, peso final en finca y ganancia diaria de peso (GDP), mediante pesajes mensuales con una balanza de precisión ganadera ($\pm 0,5$ kg). Además, se realizaron mediciones ultrasonográficas de marmoleo, profundidad de músculo y espesor de grasa dorsal sobre el músculo *Longissimus dorsi* a la altura de la duodécima vértebra lumbar. La cosecha, faena e inspección *postmortem* de los animales se hizo de acuerdo con el Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes (Decreto Ejecutivo № 29588-MAG-S-2001) (Poder-Ejecutivo-de-Costa-Rica, 2001).

En la planta de cosecha se evaluaron variables como el peso en pie, peso de la canal caliente, porcentaje de rendimiento pie-canal, desarrollo muscular, peso de la grasa perirrenal considerado como el tejido adiposo de la región pélvica e inguinal, peso de la canal fría, pH y temperatura a las dos y veinticuatro horas *postmortem* sobre el músculo *Longissimus dorsi*, longitud de la canal, diámetro de la pierna, merma de finca a planta y merma de canal caliente a canal fría, así como el área del ojo del lomo (AOL) y el grosor de la grasa de cobertura sobre el músculo *Longissimus dorsi lumborum* (LDL). El área del ojo del lomo se midió como área de la sección transversal del LDL a las 24 h *postmortem* y para ello, se realizó un corte a nivel de la intersección entre la 12-13^a costilla, se humedeció levemente el área transversal con agua destilada y posteriormente, se marcó la circunferencia del lomo con lápiz de grafito y se cuantificó el área circunscrita con una tabla cuadrículada validada para la estimación (USDA, 1990). El grosor de la grasa de cobertura se cuantificó sobre el LDL, se tomó perpendicularmente a $\frac{3}{4}$ del eje longitudinal de la superficie del músculo.

Se realizó un deshuese total, se separó cortes, hueso y sebo de cada una de las medias canales de cada unidad experimental, para determinar el rendimiento cárnico de los cortes según su importancia económica y comercial, con base en el sistema de clasificación de cortes descrito por Holmann et al. (2007) (Cuadro 2). Cada media canal ingresó a la sala de deshuese y fue procesada por los operadores de la planta de cosecha, donde se identificaron debidamente los tipos de corte, se pesaron, empacaron al vacío y numeraron según el diseño experimental. Se cuantificó durante todo el proceso la cantidad de recortes (trozos remanentes producto del deshuese del animal cuyo peso varió entre 30 y 300 g).

Cuadro 2. Clasificación de los cortes cárnicos según su importancia económica y comercial (Holmann et al., 2007). 2013.
Table 2. Beef cuts classification according to economic and commercial importance (Holmann et al., 2007). 2013.

Cortes A	Lomito, lomo ancho y delmónico.
Cortes B	Bolita, vuelta de lomo, posta de cuarto, tapa de posta de cuarto, solomo, punta de solomo, mano de piedra.
Cortes C	Cabeza de lomo, cacho de vuelta de lomo, paleta, lomo de paleta, cacho de paleta, quititeña, diafragma, pecho, ratón de campana, cola de paleta, cecina, pescuezo, entrañas, vacío, rabo.
Cortes D	BSCH ^a .
E	Huesos.
F	Sebo.

^aBSCH: Boneless chuck (recortes del proceso de deshuese de cualquier parte de la canal / BSCH: Cutout beef (as a result of boneless process in any part of the carcass).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques generalizado con arreglo factorial (3x2) con términos de genotipo y suplemento en el factor tratamiento y la interacción fue el genotipo*suplemento alimenticio. El espacio muestral (Ω) total fue de treinta unidades experimentales.

Se realizó el análisis de modelos lineales generales y mixtos para evaluar diferencias entre los efectos y se ejecutaron pruebas de comparación múltiple de Bonferroni considerando un nivel de significancia de 0,05. El error estándar conjugado fue calculado según Pesti (1997). Para evaluar la categorización de la clasificación de los cortes cárnicos propuesta por Holmann et al. (2007), se realizó un análisis de discriminante para determinar la tasa de error aparente. Todos los análisis fueron efectuados con el programa estadístico InfoStat/P (Di-Rienzo et al., 2015).

El modelo estadístico propuesto según el diseño experimental que se desarrolló fue del tipo:

$$Y_{ji} = \mu + R_i + D_j + (R * D)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

Y_{ij} = k-ésima observación correspondiente al i-ésimo genotipo y j-ésimo suplemento alimenticio (k= 1,...,30).

μ = media general.

R_i = efecto del i-ésimo genotipo (i= 1, 2, 3).

D_j = efecto del j-ésimo suplemento alimenticio (j= 1, 2).

$(R \times D)_{ij}$ = efecto de la interacción del i-ésimo genotipo con el j-ésimo suplemento alimenticio.

ε_{ijk} = efecto del k-ésimo error experimental correspondiente al i-ésimo genotipo y j-ésimo suplemento alimenticio.

Resultados

Se encontró un efecto del genotipo y la suplementación ($P < 0,05$) sobre la profundidad del músculo medida *in vivo* y el grosor de grasa. Hubo efecto del genotipo ($P < 0,05$) sobre el rendimiento de la canal y la grasa perirrenal, y del suplemento ($P < 0,05$) sobre el marmoleo, la merma por transporte, el diámetro de la pierna y la temperatura a las 24 h. En el rendimiento carnicero hubo efecto del genotipo ($P < 0,05$) sobre los cortes lomito, posta de cuarto, punta de solomo, paleta, cacho de paleta y pescuezo. No hubo efecto del genotipo ni de la suplementación ($P > 0,05$) sobre el rendimiento de carne vendible.

Crecimiento animal

El peso inicial fue similar en los genotipos estudiados. Al analizar la ganancia diaria de peso y el peso*pie*finca, no se encontró un efecto ($P>0,05$) de la interacción, ni del genotipo o de la suplementación. Sin embargo, se observó una tendencia en los bovinos Charolais de presentar un mejor desempeño (Cuadro 3) en la ganancia diaria de peso.

No se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$) en la interacción genotipo*suplemento en las variables de crecimiento y calidad de carne (Cuadro 3). Únicamente se encontraron diferencias ($P<0,05$) entre suplementos alimenticios para las variables marmoleo y profundidad del músculo, donde la ración más calórica presentó valores mayores para cada variable, y entre genotipos sobre la profundidad de músculo, donde los animales F₁ Bra*Cha, fueron superiores a los Brahman y Charolais.

Cuadro 3. Efecto del genotipo y el suplemento alimenticio sobre el crecimiento y variables de calidad de carne in vivo de bovinos de carne Brahman, Charolais y F1 (Brahman*Charolais), en etapa de finalización en la Finca “La Vega” de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica. 2013.

Table 3. Effects of genotype and finish feed on growth performance and meat quality in vivo of Brahman, Charolais and F1 (Brahman*Charolais) beef steers cattle in “La Vega” farm of the Agronomy School of the Technological Institute of Costa Rica located in Alajuela, Costa Rica. 2013.

Parámetros de crecimiento	Genotipo (G)			PSE	Suplemento ^a (S)		PSE	Significancia ^β		
	Brahman	Charolais	F ₁		3,0	3,5		G	S	G*S
n	10,00	10,00	10,00		15,00	15,00				
Peso inicial (kg)	417,90	421,40	417,40	4,23				ns	-	-
Ganancia diaria (g/d)	1,07	1,12	1,09	0,03	1,05	1,13	0,03	ns	ns	ns
Peso final finca (kg)	546,50	555,20	548,60	5,99	545,47	554,73	4,89	ns	ns	ns
Espesor grasa dorsal (mm)	4,36	3,51	4,68	0,23	4,13	4,24	0,19	ns	ns	ns
Marmoleo**	3,22	3,34	3,02	0,09	2,94 ^y	3,44 ^z	0,07	ns	*	ns
Profundidad músculo (mm)	57,77 ^a	57,30 ^a	60,56 ^b	0,52	57,24 ^y	59,84 ^z	0,43	*	*	ns

^a Mcal/kg de materia seca. ^β P-valor de genotipo (G), suplemento (S) e interacción de G con S (G*S). Valores con diferente superíndice indican diferencias entre genotipo^{a,b} y entre suplemento alimenticio^{y,z}, ns: no significativo; PSE: error estándar combinado. * $P<0,05$ /

^a Mcal/kg of dry matter. ^β P-value of a genotype (G), supplement (S) and interaction of G with S (G*S) effects. Values with different superscripts differ significantly between genotype^{a,b} and cattle feed supplement^{y,z}, ns: no significance; PSE: combined standard error. * $P<0,05$.

** Valores de acuerdo a escala del software para ultrasonografía de la Universidad Estatal de Kansas, donde: 1,0-1,9 (Desprovisto); 2,0-2,9 (Prácticamente desprovisto); 3,0-3,9 (trazas); 4,0-4,9 (Ligero); 5,0-5,9 (poco); 6,0-6,9 (Modesto); 7,0-7,9 (Moderado); 8,0-8,9 (Ligeramente abundante); 9,0-9,9 (Moderadamente abundante); 10,0-10,9 (Abundante) / Values according to the ultrasound software of Kansas State University, where: 1.0-1.9 (Devoid); 2.0-2.9 (Practically devoid); 3.0-3.9 (Traces); 4.0-4.9 (Slight); 5.0-5.9 (Small); 6.0-6.9 (Modesto); 7.0-7.9 (Moderate); 8.0-8.9 (Slightly abundant); 9.0-9.9 (Moderately abundant); 10.0-10.9 (Abundant).

Composición de la canal

Se encontró un efecto significativo ($P<0,05$) en la interacción genotipo*suplemento para el peso de las canales caliente y fría y media canal, donde los mejores desempeños fueron mostrados por los animales Brahman con la dieta más calórica (Cuadro 4). Además, se logró comprobar un efecto del genotipo ($P<0,05$) sobre las variables rendimiento en canal, grasa perirrenal y grosor de grasa, en donde los animales Charolais presentaron mayores

Cuadro 4. Efecto del genotipo y del suplemento alimenticio sobre la calidad de la canal de bovinos de carne Brahman, Charolais y F1 (Brahman*Charolais), en etapa de finalización en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en Alajuela, Costa Rica. 2013.

Table 4. Effects of genotype and finish feed on carcass quality of Brahman, Charolais and F1 (Brahman*Charolais) beef steers cattle in Coopemontecillos R.L. slaughterhouse, located in Alajuela, Costa Rica. 2013.

Parámetros de crecimiento	Genotipo (G)			PSE	Suplemento ^a (S)		PSE	Significancia ^β		
	Brahman	Charolais	F ₁		3,0	3,5		G	S	G*S
Peso pie planta (kg)	506,90	516,20	509,30	6,37	503,00	518,60	5,20	ns	ns	ns
Merma por transporte (%)	7,29	7,05	7,22	0,21	7,84 ^y	6,53 ^z	0,17	ns	*	ns
Peso canal caliente (kg)	300,25	291,56	303,20	3,57	293,16	303,51	2,90	ns	ns	*
Rendimiento pie-canal (%)	59,36 ^a	56,50 ^b	59,55 ^a	0,48	58,36	58,58	0,39	*	ns	ns
Desarrollo muscular ^δ	2,00	1,80	1,90	0,05	1,87	1,93	0,04	ns	ns	ns
Grasa peri renal (kg)	4,39 ^a	5,58 ^b	4,75 ^a	0,23	4,66	5,15	0,19	*	ns	ns
Peso canal fría (kg)	298,66	290,07	301,45	3,58	291,60	301,79	2,92	ns	ns	*
Merma por frío (kg)	1,59	1,49	1,75	0,13	1,50	1,72	0,11	ns	ns	ns
pH (2h)	6,42	6,40	6,55	0,05	6,48	6,43	0,04	ns	ns	ns
Temperatura (2h)	19,95	19,98	18,72	0,29	19,89	19,21	0,23	ns	ns	ns
Media canal + rabo	149,37	145,35	150,96	1,87	146,18	150,94	1,53	ns	ns	ns
Media canal	149,29	144,72	150,49	1,71	145,48	150,85	1,40	ns	ns	*
Longitud canal (cm)	155,25	153,60	154,20	0,66	154,00	154,70	0,54	ns	ns	ns
Diámetro de pierna (cm)	116,80	115,40	118,10	0,64	115,20 ^y	118,33 ^z	0,52	ns	*	ns
pHu ^ε	5,69	5,75	5,60	0,02	5,70	5,66	0,02	ns	ns	ns
Temperatura (24h)	3,64	3,40	3,78	0,15	3,30 ^y	3,91 ^z	0,12	ns	*	ns
AOL (cm ²)	65,96	70,29	67,04	1,54	67,00	68,53	1,26	ns	ns	ns
Grasa dorsal (mm)	0,22 ^a	0,31 ^b	0,21 ^a	0,07	0,21 ^y	0,28 ^z	0,06	*	*	ns

^aMcal/kg de materia seca. ^βP-valor de genotipo (G), suplemento (S) e interacción de G con S (G*S). Valores con diferente superíndice indican diferencias entre genotipo^{a,b} y suplemento alimenticio^{y,z}, ns: no significativo; PSE: error estándar combinado. ^δCalificación subjetiva mediante apreciación visual en el cuarto posterior 1: Rectilíneo; 2: Subcóncavo; 3: Cóncavo; 4: Ultracóncavo) ^εpHu: pH a las veinticuatro horas *postmortem*. AOL: área del ojo del lomo. *P<0,05 / ^aMcal/kg of dry matter. ^βProbability of a genotype (G), supplement (S) and interaction of G with S (G*S) effects. Values with different superscripts differ significantly between genotype^{a,b} and cattle feed supplement^{y,z}, ns: no significance; PSE: combined standard error. ^δSubjective grade by visual perception (1: Rectilinear, 2: Sub-concave, 3: Concave, 4: High-concave). pH at twenty-four hours *postmortem*. AOL: Rib eye area (REA). *P<0.05.

valores de grasa perirrenal y grosor de grasa, pero menores valores de rendimiento en canal en relación con los animales Brahman y F₁ Bra*Cha. De igual manera, al analizar el efecto de la suplementación sobre las variables de la canal se encontraron diferencias (P<0,05) entre suplementos para las variables merma por transporte de finca a planta, perímetro de la pierna, temperatura a las 24 h y grosor de grasa, en donde los animales con la suplementación más energética resistieron mejor el estrés del transporte, presentaron un mayor perímetro de la pierna, el descenso de temperatura a las 24 h fue menor y mostraron un mayor grosor de grasa. A pesar de que no se encontró un efecto significativo (P>0,05) de la interacción como de los factores principales sobre el resto de las variables, se observó una tendencia en los animales Charolais y F₁ Bra*Cha de presentar mejor desempeño en el peso de cosecha y el peso de la canal caliente, respectivamente (Cuadro 4).

Rendimiento cárnico

En el Cuadro 5 se presentan los valores promedio con el error estándar de la media (SEM), el coeficiente de variación y el porcentaje que representan de la canal, los cortes cárnicos más comunes en Costa Rica y su categorización

Cuadro 5. Valores promedio y nomenclatura de los cortes cárnicos de ganado de carne según categorización por calidad (n=30), en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en Alajuela, Costa Rica. 2013.

Table 5. Mean values and nomenclature of beef cattle cuts according to quality (n=30) in Coopemontecillos R.L. slaughterhouse, located in Alajuela, Costa Rica. 2013.

Corte cárnico	Tipo de corte	Nombre del músculo	Peso (kg)	SEM ^a	CV ^b	Canal (%)
Lomito	A	Psoas major	4,14	0,06	16,14	1,39
Lomo ancho	A	<i>Longissimus lumbarum</i>	9,92	0,22	24,96	3,34
Delmónico	A	<i>Spinalis dorsi + Longissimus lumborum thoracis</i>	8,86	0,18	22,72	2,99
Bolita ^c	B	<i>Quadriceps femoris</i>	1,54	0,16	15,80	3,89
Vuelta de Lomo	B	<i>Gluteus medius</i>	8,36	0,14	17,90	2,82
Posta de cuarto	B	<i>Adductor. Gracilis. Pectineus. Sartorius y Semimembranosus</i>	19,44	0,28	15,70	6,55
Solomo	B	<i>Biceps femoris</i>	10,74	0,20	19,60	3,62
Punta de solomo	B	<i>Biceps femoris</i>	3,60	0,10	32,22	1,21
Cabeza de lomo	C	<i>Gluteus profundus</i>	1,72	0,08	53,42	0,58
Cacho Vuelta de Lomo	C	<i>Tensor fasciae latae</i>	3,12	0,10	35,82	1,05
Paleta	C	<i>Tripces brachii</i>	6,52	0,14	22,40	2,20
Lomo de Paleta	C	<i>Infraespinatus</i>	4,88	0,06	15,12	1,64
Mano de piedra	B	<i>Semitendinosus</i>	5,44	0,12	23,96	1,83
Cacho de paleta	C	<i>Supraspinatus</i>	3,32	0,08	23,98	1,12
Quititeña	C	<i>Serratus ventralis</i>	5,98	0,24	42,68	2,01
Pecho	C	<i>Pectoral profundus</i>	10,38	0,24	24,86	3,50
Ratón campana	C	<i>Gastrocnemio, Flexor superficialis</i>	4,60	0,08	16,80	1,55
Oreja de cecina	C	<i>Rectus abdominis</i>	2,22	0,08	43,30	0,75
Pescuezo ^b	C	<i>Braquiocefálico,</i>	20,14	0,62	33,36	6,79
Lomo de entraña	C	<i>Transversus abdominis</i>	1,46	0,32	231,54	0,49
Cecina ^d	C	<i>Obliquous abdominis</i>	1,72	0,42	263,12	0,58
BSCH ^e	D		84,66	2,44	33,32	28,52
Entraña	C	Diafragma	2,20	0,08	36,08	0,74
Rabo	C		2,25	0,07	19,11	0,76
Sebo			8,34	0,30	40,14	2,81
Hueso			51,26	1,28	27,34	17,27
Total			296,81	21,36	3,90	100,00
Carne vendible kg			237,21			
R.C.V ^f (%)			79,92			

^aError estándar de la media. ^bCoefficiente de variación. ^c*Vastus intermedius, Rectus femoris, Vastus lateralis, Vastus medialis, Vastus intermedius*. ^dSemiespinal de la cabeza, omotransverso, romboideo, esplenio, transverso del cuello, interespinoso, esternocéfálico, escalenos, longísimo de la cabeza, largo del cuello. ^e*Obliquous abdominis* (interno,externo), *Transversus abdominis*. ^fBSCH: Boneless chuck, incluye recortes destinados para la elaboración de carne molida. ^gRendimiento de carne vendible / ^aMean aStandard error. Coefficient ^bVariation. ^c*Vastus intermedius, Rectus femoris, Vastus lateralis, Vastus medialis, Vastus intermedius*. Head semi-spinal, Omotransverse, Rhomboid, Splenian, Neck Transversal, Interspinoous, external cephalic, Scalene, longissimus muscle of the head, Neck length. ^d*Obliquous abdominis* (interno,externo), *Transversus abdominis*. ^eBSCH: Boneless chuck, trimmings. ^fSalable meat yield.

según la importancia económica y comercial descrita por Holmann et al. (2007). El rendimiento de carne vendible de la muestra que se obtuvo al suprimir el peso de los huesos, sebo y ligamentos, fue de 79,92 kg (Cuadro 5).

Se evidenció un efecto significativo ($P<0,05$) de la interacción genotipo*suplemento sobre el corte cárnico lomo; y sobre los cortes paleta, cecina y pescuezo, en donde los animales Brahman suplementados con la dieta más calórica (3,5 Mcal/kg MS) fueron los que presentaron mayores valores en cada una de estas variables (Cuadro 6). Al analizar el efecto del genotipo sobre los tipos de cortes cárnicos, se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) en

Cuadro 6. Efecto del genotipo y el suplemento alimenticio sobre cortes cárnicos (kg) de primera, segunda y tercera calidad, sebo y hueso de media canal en bovinos de carne Brahman, Charolais y F_1 (Brahman*Charolais), en etapa de finalización en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en Alajuela, Costa Rica. 2013.

Table 6. Effects of genotype and finish feed on commercial cuts (kg) of prime, second and third quality, beef tallow and bone on half carcass of Brahman, Charolais y F_1 (Brahman*Charolais) steers beef cattle in termination stage in Coopemontecillos R.L. slaughterhouse, located in Alajuela, Costa Rica. 2013.

Corte	Genotipo (G)			PSE	Suplemento ^a (S)		PSE	Significancia ^b		
	brahman	charolais	F_1		3,0	3,5		G	S	G*S
Lomito	2,01 ^a	2,05 ^a	2,16 ^b	0,03	2,05	2,09	0,02	*	ns	*
Lomo ancho	4,76	5,00	5,12	0,11	4,93	4,99	0,09	ns	ns	ns
Delmónico	4,39	4,45	4,45	0,09	4,32	4,53	0,07	ns	ns	ns
Bolita	5,78	5,59	5,93	0,08	5,74	5,80	0,06	ns	ns	ns
Vuelta de lomo	4,13	4,08	4,33	0,06	4,12	4,23	0,05	ns	ns	ns
Posta de cuarto	9,63 ^{ab}	9,40 ^a	10,14 ^b	0,07	9,52	9,92	0,06	*	ns	ns
Solomo	5,38	5,16	5,57	0,09	5,30	5,44	0,08	ns	ns	ns
Punta de solomo	1,68 ^a	1,77 ^{ab}	1,96 ^b	0,04	1,73	1,88	0,02	*	ns	ns
Mano de piedra	2,72	2,57	2,86	0,05	2,67	2,76	0,04	ns	ns	ns
Cabeza de lomo	0,92	0,83	0,83	0,04	0,88	0,84	0,03	ns	ns	ns
Cacho vuelta de lomo	1,59	1,49	1,60	0,05	1,59	1,54	0,04	ns	ns	ns
Paleta	3,37 ^a	3,09 ^b	3,31 ^{ab}	0,05	3,11 ^y	3,41 ^z	0,10	*	*	*
Lomo de paleta	2,41	2,46	2,46	0,03	2,42	2,46	0,03	ns	ns	ns
Cacho de paleta	1,71 ^a	1,53 ^b	1,73 ^a	0,03	1,63	1,68	0,03	*	ns	ns
Quititeña	3,06	2,90	3,02	0,11	2,87	3,12	0,09	ns	ns	ns
Pecho	5,27	5,18	5,12	0,11	5,03	5,35	0,09	ns	ns	ns
Ratón campana	2,28	2,29	2,34	0,03	2,31	2,30	0,03	ns	ns	ns
Oreja de Cecina	1,15	1,30	1,05	0,04	1,12	1,10	0,03	ns	ns	*
Pescuezo	11,07 ^a	9,35 ^b	9,79 ^b	0,22	9,68	10,47	0,19	*	ns	*
Lomo de entraña	1,03	0,57	0,60	0,15	0,86	0,60	0,12	ns	ns	ns
Cecina	1,21	0,68	0,67	0,20	0,63	1,08	0,16	ns	ns	ns
BSCH	41,79	41,12	44,08	1,27	41,74	42,92	1,04	ns	ns	ns
Entraña	1,08	1,13	1,09	0,04	1,09	1,11	0,03	ns	ns	ns
Sebo	3,82	4,24	4,46	0,15	4,13	4,22	0,12	ns	ns	ns
Hueso	25,93	26,37	24,59	0,63	24,78	26,48	0,51	ns	ns	ns
Hueso ^δ	17,46	18,25	16,35	0,71	17,09	17,61	0,59	ns	ns	ns

^aMcal/kg de materia seca. ^b P -valor de genotipo (G), suplemento (S) e interacción G con S (G*S). Valores corresponden a porcentaje. Valores con diferente superíndice indican diferencias entre genotipo^{ab} y suplemento alimenticios^{y,z}, ns: no significativo; PSE: error estándar combinado. * $P<0,05$. / ^aMcal/kg dry matter. ^b P -value of a genotype (G), supplement (S) and interaction of G with S (G*S) effects. ^δValues correspond to a percentage. Values with different superscripts differ significantly between genotype^{ab} and cattle feed supplement^{y,z}, ns= no significance; PSE= combined standard error. * $P<0,05$.

los cortes lomo ancho, posta de cuarto, punta de solomo, paleta, cacho de paleta y pescuezo. Para el resto de cortes, así como en la cantidad de sebo y hueso producido, no se encontraron diferencias significativas entre genotipos ($P>0,05$).

Solo hubo efecto de la suplementación ($P<0,05$) sobre el corte denominado paleta, de tercera calidad, en donde la dieta más energética presentó mayores valores. No hubo diferencias ($P>0,05$) entre los niveles de suplementación para los cortes de primera y segunda calidad, ni para el resto de los cortes de tercera calidad, así como en la cantidad de hueso y sebo producido.

Para los cortes definidos como primera, segunda y tercera calidad (Holmann et al., 2007), el análisis de discriminante identificó una tasa de error aparente en la clasificación de 88,9, 55,0 y 20,5%, respectivamente, por lo que esta clasificación se considera subjetiva para dichas categorías. Además, la tasa de error aparente total fue de 34,0 % y se considera que este error asociado es elevado, lo que sugiere que algunos cortes deben clasificarse en otras categorías.

Se observó un efecto ($P<0,05$) de la interacción genotipo*suplemento para los cortes tipo C y el rendimiento de carne vendible, en donde los animales Brahman suplementados con la dieta más concentrada en calorías (3,5 Mcal/kg MS) presentaron un mejor desempeño (Cuadro 7). Además, hubo un efecto ($P<0,05$) del genotipo sobre la categorización de los cortes cárnicos, excepto para los cortes tipo D ($P>0,05$). En relación con los cortes tipo A, la cantidad producida en términos porcentuales de los animales Charolais fue mayor que la de los Brahman, pero no se diferenció con respecto a los F_1 Bra*Cha en ninguno de los casos. La cantidad porcentual de cortes B fue mayor en los animales F_1 Bra*Cha que en los Brahman, pero no hubo diferencias en las medias de los animales Charolais y F_1 Bra*Cha. Los animales Brahman presentaron mayores porcentajes de producción de cortes tipo C que los animales Charolais, pero no se diferenciaron de la producción de los animales F_1 Bra*Cha. Tampoco hubo diferencias ($P>0,05$) entre genotipos para el rendimiento de carne vendible; sin embargo, se observó una tendencia en los animales F_1 Bra*Cha, de presentar mayores valores. No hubo efecto de la suplementación ($P>0,05$) sobre la categorización de los cortes cárnicos según la calidad, ni sobre el rendimiento de carne vendible.

Cuadro 7. Efecto del genotipo y el suplemento alimenticio sobre categorización de cortes cárnicos según la calidad de carne en bovinos de carne Brahman, Charolais y F_1 (Brahman*Charolais), en etapa de finalización en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en Alajuela, Costa Rica. 2013.

Table 7. Effects of genotype and finish feed on cuts classification according to meat quality of Brahman, Charolais and F_1 (Brahman*Charolais) beef steers cattle in termination stage in Coopemontecillos R.L. slaughterhouse, located in Alajuela, Costa Rica. 2013.

Calidad de corte cárnico	Genotipo (G)			PSE	Suplemento (S) ^a		PSE	Significancia ^β		
	Brahman	Charolais	F_1		3,0 Mcal	3,5 Mcal		G	S	G*S
Cortes A	7,48 ^a	7,95 ^b	7,77 ^{ab}	0,08	7,76	7,71	0,07	*	ns	ns
Cortes B	19,50 ^a	19,89 ^{ab}	20,48 ^b	0,14	19,99	19,94	0,11	*	ns	ns
Cortes C	27,60 ^a	25,55 ^b	25,84 ^b	0,28	26,20	26,65	0,23	*	ns	*
Cortes D	26,57	26,96	27,68	0,71	27,07	27,07	0,58	ns	ns	ns
RCV (kg)	239,08	228,22	242,88	3,25	233,15	240,31	2,65	ns	ns	*
RCV (%)	79,96	78,66	80,57	0,38	79,91	79,55	0,31	ns	ns	*
Cortes A+B	27,06 ^a	27,77 ^{ab}	28,26 ^b	0,16	27,78	27,62	0,13	*	ns	ns

^aMcal/kg de materia seca. ^βP-valor de genotipo (G), suplemento (S) e interacción de G con S (G*S). RCV: rendimiento de carne vendible. Valores con diferente superíndice indican diferencias entre genotipo^{ab} y suplemento alimenticio^{yz}, ns= no significativo; PSE= error estándar combinado. * $P<0,05$ / Mcal/kg dry matter. ^βP-value of a genotype (G), supplement (S) and interaction of G with S (G*S) effects. RCV: total salable meat. Values with different superscripts differ significantly between genotype^{ab} and cattle feed supplement^{yz}, ns = no significance; PSE= combined standard error. * $P<0,05$.

Discusión

El ganado de carne es seleccionado para mejorar su ganancia diaria de peso, obtener una alta producción de carne y producir una calidad de carne aceptable en términos de su terneza (Šafus et al., 2006). En general, la capacidad de crecimiento de los animales Charolais y de los *B. taurus*, comparados con los *B. indicus*, puede ser explicado por un componente genético aditivo favorecedor. Sin embargo, es reconocido que en los cruzamientos entre razas F_1 , se obtiene una heterosis máxima sobre variables productivas, lo que constituye un componente genético favorecedor, pero no aditivo (Schiermiester et al., 2015). Los animales Brahman y *B. indicus*, en general, presentan una mejor adaptación a condiciones ambientales adversas, lo que les permite desarrollarse en condiciones donde los *B. taurus* serían ineficientes (Curley Jr., 2004).

El promedio de ganancia diaria de peso de las razas en este estudio, estuvo dentro del intervalo reportado por Albertí et al. (2008) para cincuenta razas europeas (1,97-1,01 kg/d), pero fue menor al reportado por Avilés et al. (2015) en animales de la raza Limousine (1,49 kg/d), aunque mayor al reportado por Warren et al. (2008) para animales cosechados a los veinticuatro meses de edad con dietas de finalización basadas en alimento concentrado (0,84 kg/d); y Coleman et al. (2016) para novillos *B. taurus*, en cruzamiento F_1 de las razas Hereford y Angus (0,75 kg/d). La tendencia observada a una mayor ganancia diaria en los animales Charolais con respecto a los Brahman, fue descrita y confirmada por varios autores en un sistema de producción convencional, similar al del presente estudio (Tumwasorn et al., 1982; Keane y Allen, 1998). Otros autores han indicado que conforme se incrementa proporcionalmente la composición genotípica de genes Brahman*Charolais, se presentan mejores ganancias de peso vivo (Waritthitham et al., 2010). No hubo diferencias en la ganancia diaria de peso entre los diferentes genotipos, pero otros autores, han reportado mayores ganancias de peso en animales Charolais que en Brahman (Cooke et al., 2004).

El efecto de la suplementación sobre la ganancia diaria no fue significativa, pero se ha observado en otras investigaciones un aumento significativo, como el obtenido en animales nelore con suplementaciones a base de azúcar de caña en forma de ensilaje y con cantidades crecientes de la fuente alimenticia (Lombardi et al., 2016). Cuando se compara la eficiencia en el crecimiento animal como efecto de la suplementación, los animales con raciones más concentradas en nutrientes mejoran su desempeño (Avilés et al., 2015). Estas diferencias en la suplementación implican que, las dietas más enriquecidas en nutrientes mejoren la ganancia diaria de peso, porque se suple más energía metabolizable y proteína que un sistema de alimentación a base de forraje (Bezerra et al., 2013; Pinto et al., 2015; Pouzo et al., 2015).

No se observaron efectos ($P>0,05$) del genotipo ni de los sistemas de suplementación sobre el peso vivo y el espesor de grasa dorsal, sin embargo, para esta última variable los resultados obtenidos fueron similares para la raza Brahman a lo descrito en animales cebú (Diniz et al., 2010), pero menores a los reportados en animales Angus y Hereford (6,2 y 5,6 mm), respectivamente (Villarreal et al., 2006; Papaleo-Mazzucco et al., 2016). El porcentaje de grasa intramuscular o marmoleo observado fue superior al reportado por Nuernberg et al. (2005) en toros simmental alimentados con dietas a base de concentrado y de forraje (2,61 y 1,51%, respectivamente). El suplemento más calórico dio como resultados animales con un contenido de grasa intramuscular mayor (3,44 vs 2,94%). Como el desarrollo muscular y la deposición de grasa son competitivos para el uso de energía, el desarrollo muscular inferior debe favorecer la deposición de grasa intramuscular (Mao et al., 2016), lo que se observó en los resultados obtenidos en este trabajo, ya que conforme la profundidad del músculo fue menor, el porcentaje de grasa intramuscular tiendió a ser superior, así como un menor desarrollo muscular de los animales Charolais. El efecto de la suplementación sobre el espesor de grasa intramuscular ($P<0,05$) también podría ser explicado por el mayor contenido de extracto etéreo y proteína de sobrepeso en la ración más calórica (3,5 Mcal/kg MS), debido a que se favorece la proliferación de mioblastos que pueden ser transdiferenciados en grasa intramuscular al utilizar dietas calóricas durante el periodo de engorde y por lo tanto, aumentan la deposición de grasa intramuscular (Holst et al., 2003; Zhang et al., 2010).

Con respecto a las razas seleccionadas, los animales cruzados presentaron un mejor desempeño fenotípico (Jaturasitha et al., 2009). Esto con base en la profundidad de músculo presentada por los animales F_1 Bra*Cha con respecto a los Brahman y Charolais (60,56 vs 57,77; 57,30%, respectivamente), lo que indica que, es posible mejorar el desempeño del crecimiento animal cuando se van introduciendo genes, por cruzamiento, de razas específicas asociadas a la especie *B. taurus* y sobre una base *B. indicus* que aporte resistencia y adaptabilidad a condiciones tropicales.

El peso del canal caliente reportado en animales cruzados Hereford*Angus (302 kg), fue similar al encontrado en este trabajo para los animales Brahman y F_1 , pero mayor que en los animales Charolais (Coleman et al., 2016). Los mismos autores reportaron valores de peso de canal caliente en novillos cruzados hijos de padres Hereford y madres cruzadas con razas lecheras entre 289-293 kg, similar a los valores reportados para la raza Charolais en este trabajo. Las diferencias en los pesos de cosecha de cada raza, se han asociado a diferentes grados de madurez y muscularidad (Santos et al., 2013). Se han reportado valores medios de 316,01, 323,01 y 271,18 kg en las razas Charolais, Limousine y Retinta, respectivamente (Santos et al., 2013), mientras que en animales Nelore, Zorzi et al. (2013) reportaron valores de $259\pm 9,1$ y $255\pm 6,1$ kg en dietas de alto y bajo consumo, respectivamente, sin haber diferencias ($P<0,05$) entre ellas. Kirkland y Patterson (2006) reportaron diferencias en el peso de la canal caliente en novillos continentales cruzados al utilizar dietas a base de maíz de bajo y alto valor nutricional (310 y 325 kg) respectivamente.

El mayor rendimiento en canal se ha asociado con más grasa en la canal (Warren et al., 2008), lo que coincide con la tendencia observada en los genotipos estudiados en este trabajo para el espesor de grasa dorsal; sin embargo, el rendimiento de la canal también puede ser afectado por la cantidad de tejidos que no forman parte de la canal y que contribuyen al peso del animal (Thompson y Barlow, 1981). En este estudio, el contenido de grasa perirenal observado en los bovinos Charolais fue mayor que en los Brahman y F_1 Bra*Cha, pero el rendimiento en canal fue mayor en los animales Brahman y F_1 Bra*Cha con respecto a los Charolais, lo que coincide con trabajos similares donde se discute que las diferencias observadas en el rendimiento en canal se pueden explicar por los contenidos de grasa perirrenal, y el grado de desarrollo muscular (Barton y Pleasants, 1997; Muir et al., 2000; Purchas y Morris, 2007). Resultados contrarios a los de este trabajo con respecto a las razas Brahman y Charolais fueron reportados por Waritthitham et al. (2010), quienes indicaron que los animales Cebú presentaron menor rendimiento en canal que los europeos. Al analizar el efecto de la suplementación sobre el rendimiento en canal en condiciones de alimentación intensiva y en animales de raza simmental, se encontraron valores menores (57,1%) a los reportados en este trabajo (Sami et al., 2004).

El área del ojo del lomo es una característica que está correlacionada positivamente con el desarrollo muscular y el rendimiento de los cortes de mayor valor comercial, pero también está afectada por factores como el peso de cosecha y el genotipo (Correia et al., 2016). Los valores promedio para los genotipos estudiados fueron 65,96, 70,29 y 67,04 cm² para Brahman, Charolais y F_1 Bra*Cha, respectivamente (Cuadro 4). Estos valores son mayores a los reportados en novillos Hereford suplementados con concentrado y pasturas (55,2 y 62,9 cm²) (Realini et al., 2004), en novillos Hereford alimentados a base de pasturas (57,67 cm²) (Melucci et al., 2012) y en novillos Nelore a base de pasturas sin suplementación (52,75 cm²) (Caetano et al., 2013). Por otro lado, en animales Hereford*Angus alimentados con forrajes, predominantemente *Lolium perenne*, Coleman et al. (2016) reportaron valores de 73,2 cm². Las diferencias entre grupos genéticos *B. taurus* y *B. indicus* para deposición de grasa subcutánea y área del ojo del lomo han sido descritas por varios autores (Chauyuchwong et al., 1997; Moreira et al., 2003;), donde los animales europeos han sido superiores a los cebuinos. El efecto no significativo del área del ojo del lomo encontrado en este trabajo está de acuerdo con Mandell et al. (1997) y Sami et al. (2004), quienes reportaron que el área del ojo del lomo y las características de la canal en novillos Simmental no fueron afectados por el nivel de suplementación energética.

La longitud de la canal fue mayor a la reportada en animales cebuinos (133,0, 120,5 y 141,0 cm, respectivamente) (Diniz et al., 2010; Zorzi et al., 2013; Correia et al., 2016), pero inferior a la descrita por Coleman et al. (2016), en animales Hereford*Angus (219 cm). Similares resultados fueron obtenidos por Morris et al. (1997), donde no observaron cambios en el pH entre sistemas de suplementación.

El grosor de grasa puede tener un componente genotípico, debido a que los animales europeos tienden a tener un crecimiento más acelerado, lo que se correlaciona positivamente con el engrasamiento en general. Según Demirel et al. (2006) el perfil de ácidos grasos está directamente relacionado con el espesor de grasa dorsal, el grosor de la grasa de la canal, la edad, el peso de cosecha, la raza y la nutrición. Este último factor implicó en este trabajo que, los animales suplementados con las raciones más energéticas presentaran mayores niveles de grosor de grasa. Los resultados del presente estudio para el grosor de la grasa se aproximaron a lo descrito por Domingues et al. (2015), quienes mostraron que el principal factor para aumentar este rasgo en la canal es el contenido de energía de la dieta o suplementación.

La mayoría de características de la canal se desarrollan conforme el grado de madurez del animal y los efectos pueden ser una consecuencia de las diferencias en el tamaño adulto (Schreurs et al., 2008). La maduración temprana en razas de tamaño pequeño está relacionada con menos músculo y más grasa en la canal, en comparación con razas de la misma edad y de maduración tardía (Scollan et al., 2006; Schreurs et al., 2008; Papaleo-Mazzucco et al., 2016). La composición de la raza de los novillos utilizados en este estudio fue Brahman y Charolais, en proporciones mínimas de 87,5% para cada raza y un F_1 Brahman * Charolais, a partir de esas proporciones en cruzamiento, lo que indica que no es probable que existan grandes contrastes en tamaño maduro para estos animales. Por lo tanto, es razonable que se hayan observado efectos mínimos de los tratamientos de genotipo para peso de cosecha, peso de la canal caliente, media canal, longitud de la canal, diámetro de pierna y área del ojo del lomo.

El porcentaje de hueso obtenido en este trabajo (Cuadro 5) fue mayor al descrito por Santos et al. (2013), en animales de la raza Charolais, y al de Diniz et al. (2010) en animales cebuinos, con valores de 16,03 y 16,22%, respectivamente. Cuando el peso de cosecha tiende a aumentar, el área del ojo del lomo aumenta (Keane, 2003; Opatpatanakit et al., 2007). Las diferencias observadas en los cortes de primera y segunda calidad, estuvieron determinadas por un efecto de los grupos genotípicos que podría explicarse por una heterosis favorecedora para los animales cruzados F_1 Bra*Cha en general. En animales Brahman y Charolais, Waritthitham et al. (2010) encontraron que los porcentajes de cortes primarios no cambiaron al aumentar el peso de la canal.

Los resultados obtenidos en este trabajo se podrían explicar debido a que, el peso de cosecha entre los genotipos fue similar, por lo que, el rendimiento de cortes cárnicos de primera, segunda y tercera calidad no varió entre genotipos. Las diferencias en cortes cárnicos como lomito, posta de cuarto y solomo podrían explicarse por los pesos de canal más ligeros (Sethakul et al., 2007), debido a la interacción genotipo * suplemento, donde los animales cebuinos con la suplementación más energética y los F_1 Bra*Cha, presentaron un mejor desempeño en el peso de la canal. Resultados similares en el rendimiento del lomito, en animales Nelore han sido reportados por Zorzi et al. (2013).

Conclusiones

La suplementación más energética favoreció la deposición de grasa intramuscular, dorsal, así como la profundidad de músculo. Los animales Charolais fueron superiores a los Brahman y cruces Brahman*Charolais en rendimiento pie-canal, grasa perirrenal y grasa dorsal, en tanto que, el cruzamiento favoreció la cantidad de músculo y el rendimiento de cortes cárnicos, superando a las razas *per se*. La suplementación recibida y el componente genotípico no influyeron en el rendimiento de carne vendible.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Programa de Producción Agropecuaria (PPA) de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Corporación Ganadera (CORFOGA). Los autores agradecen a Coopemontecillos R.L., por el aporte de sus instalaciones para el procesamiento de las canales bovinas.

Literatura citada

- Albertí, P., B. Panea, C. Sañudo, J.L. Olleta, G. Ripoll, P. Ertbjerg, M. Christensen, S. Gigli, S. Failla, S. Concetti, J.F. Hocquette, R. Jailler, S. Rudel, G. Renand, G.R. Nute, R.I. Richardson, and J.L. Williams. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Liv. Sci.* 114:19-30. doi:10.1016/j.livsci.2007.04.010
- Avilés, C., A.L. Martínez, V. Domenech, and F. Peña. 2015. Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. *Meat Sci.* 107:94-103. doi:10.1016/j.meatsci.2014.04.016
- Barton, R.A., and A.B. Pleasants. 1997. Comparison of the carcass characteristics of steers of different breeds and pre-weaning environments slaughtered at 30 months of age. *NZ J. Agric. Res.* 40:57-68. doi:10.1080/00288233.1997.9513230
- Belk, K.E., J.A. Scanga, G.C. Smith, and T. Grandin. 2002. The relationship between good handling/ stunning and meat quality in beef, pork, and lamb. American Meat Institute Foundation, Animal Handling and Stunning Conference on February 21-22. Fort Collins, CO, USA. <http://www.grandin.com/meat/hand.stun.relate.quality.html> (accessed 02 Dec. 2016).
- Bezerra, L.R., S.G. Neto, A.N. de-Medeiros, T.M. Mariz, R.L. Oliveira, E.P. Cândido, and A.M. Silva. 2013. Feed restriction followed by realimentation in prepubescent Zebu females. *Trop. Anim. Health Prod.* 45:1161-1169. doi:10.1007/s11250-012-0341-8
- Caetano, S.L., R.P. Savegnago, A.A. Boligon, S.B. Ramos, T.C.S. Chud, R.B. Lôbo, and D.P. Munari. 2013. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore cattle. *Liv. Sci.* 155:1-7. doi:10.1016/j.livsci.2013.04.004
- Chauychuwong, N., C. Kanthapanit, and P. Pruegsasri. 1997. A comparative study on beef cattle fattening performance, carcass quality and economic return of 5 beef breeds available in Thailand. In: N. Chauychuwong, editor, Proceedings of the animal's science research. The 35th annual conference. Kasetsart University, Bangkok, THA. p. 288-297.
- Coleman, L.W., R.E. Hickson, N.M. Schreurs, N.P. Martin, P.R. Kenyon, N. Lopez-Villalobos, and S.T. Morris. 2016. Carcass characteristics and meat quality of Hereford sired steers born to beef-cross-dairy and Angus breeding cows. *Meat Sci.* 121:403-408. doi:10.1016/j.meatsci.2016.07.011
- Cooke, D.W.I., F.J. Monahan, P.O. Brophy, and M.P. Boland. 2004. Comparison of concentrates or concentrates plus forages in a total mixed ration or discrete ingredient format: effects on beef production parameters and on beef composition, color, texture and fatty acid profile. *Ir. J. Agric. Food Res.* 43:201-216.
- Correia, B.R., G.G. Carvalho, R.L. Oliveira, A.J.V. Pires, O.L. Ribeiro, R.R. Silva, A.G. Leão, J.I. Simionato, and B.M. Carvalho. 2016. Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake. *Meat Sci.* 118:157-163. doi:10.1016/j.meatsci.2016.03.017
- Cortés, H., C. Aguilar, y R. Vera. 2003. Sistemas bovinos doble propósito en el trópico bajo de Colombia, modelo de simulación. *Arch. Zootec.* 52:25-34.
- Curley-Jr, K.O. 2004. Influence of temperament on bovine hypothalamic-pituitary-adrenal function. MSc. Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, USA.
- Da-Silva, S.C., and P.C. Carvalho. 2005. Foraging behaviour and herbage intake in the favourable tropics/subtropics. In: D.A. Gilloway, editor, XX International Grassland Congress, Grassland: A global resource. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, HOL. p. 81-96.
- Demirel, G., H. Ozpinar, B. Nazli, and O. Keser. 2006. Fatty acids of lamb meat from two breeds fed different forage: concentrate ratio. *Meat Sci.* 72:229-235. doi:10.1016/j.meatsci.2005.07.006

- Diniz, L.L., S.C. Valadares-Filho, J.M.S. Campos, R.F.D. Valadares, L.D. da-Silva, J.P.I.S. Monnerat, P.B. Benedeti, A.S. de-Oliveira, and D.S. Pina. 2010. Effects of castor meal on the growth performance and carcass characteristics of beef cattle. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 23:1308-1318. doi:10.5713/ajas.2010.10041
- Di-Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C.W. Robledo. 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, ARG. <http://www.infostat.com.ar> (consultado 5 dic. 2016).
- Domingues, J.L., A.J.C. Nuñez, R.C. Gomes, A.C. Valinote, S.L. Silva, A.S.C. Pereira, P.R. Leme, and J.C.M. Nogueira Filho. 2015. Effect of high oil corn in the diets of Nellore steers on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and longissimus muscle fatty acid profile. *Liv. Sci.* 174:31-38. doi:10.1016/j.livsci.2014.12.019
- Eilers, J.D., J.D. Tatum, J.B. Morgan, and G.C. Smith. 1996. Modification of early postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 74:790-798. doi:10.2527/1996.744790x
- French, P., E.G. O'Riordan, F.J. Monahan, P.J. Caffrey, M. Vidal, M.T. Mooney, D.J. Troy, and A.P. Moloney. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 56:173-180. doi:10.1016/S0309-1740(00)00037-1
- Gama, L.T., M.C. Bressan, E.C. Rodrigues, L.V. Rossato, O.C. Moreira, S.P. Alves, and R.J.B. Bessa. 2013. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. *Meat Sci.* 93:98-104. doi:10.1016/j.meatsci.2012.08.005
- Glaze, J.B. Jr., B. Wilhelm, N.R. Rimbey, K.S. Jensen, G.C. Keetch, W.F. Cook, C.W. Gray, J.N. Hawkins, E.J. Morrison, S.K. Williams, J.A. Church, and P.A. Momont, 2004. A to Z retained ownership, Inc.: American Society of Animal Science, editor, Factors affecting profitability in the inland Northwest. In: Proceedings of the Western Section of the American Society of Animal Science, Vol. 55., ASAS, Champaign, IL, USA. p. 198-201.
- Holmann, F.J., L. Rivas, E. Pérez, C. Castro, P. Schuezt, y J. Rodríguez. 2007. La cadena de carne bovina en Costa Rica: Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad. CIAT, ILRI, y Corfoga, Cali, COL.
- Holst, D., S. Luquet, K. Kristiansen, and P.A. Grimaldi. 2003. Roles of peroxisome proliferator-activated receptors delta and gamma in myoblast transdifferentiation. *Exp. Cell Res.* 288:168-176. doi:10.1016/S0014-4827(03)00179-4
- Jank, L., C.B. Valle, and R.M.S. Resende. 2005. Grass and forage plant improvement in the tropics and sub-tropics. In: D.A. McGilloway, editor, XX International Grassland Congress, Grassland: A Global Resource. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, HOL. p. 69-81.
- Jaturasitha, S., R. Norkeaw, T. Veerasilp, M. Wicke, and M. Kreuzer. 2009. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (*Panicum maxima*) or Guinea grass-legume (*Stylosanthes guianensis*) pastures. *Meat Sci.* 81:155-162. doi:10.1016/j.meatsci.2008.07.013
- Jiang, T., J.R. Busboom, M.L. Nelson, J. O'Fallon, T.P. Ringkob, K.R. Rogers-Klette, D. Joos, and K. Piper. 2010. The influence of forage diets and aging on beef palatability. *Meat Sci.* 86:642-650. doi:10.1016/j.meatsci.2010.05.016
- Keane, M.G., and P. Allen. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Liv. Prod. Sci.* 56:203-214. doi:10.1016/S0301-6226(98)00155-9
- Keane, M.G. 2003. Beef production from Holstein-Friesian bulls and steers of New Zealand and European-American descent and Belgian Blue × Holstein-Friesians slaughtered at two weights. *Liv. Prod. Sci.* 84:207-218. doi:10.1016/S0301-6226(03)00092-7
- Kirkland, R.M., and D.C. Patterson. 2006. The effect of quality of grass and maize silage on the intake and performance of beef cattle. *Liv. Sci.* 100:179-188. doi:10.1016/j.livprodsci.2005.08.015

- Lombardi, C., C.A. Fontes, T. Rocha, E. Processi, L.C. Bendia, C.C. Filho, R. Oliveira, and L. Bezerra. 2016. Growth performance, body composition, carcass traits and meat quality of young Nellore bulls fed freshly cut or ensiled sugar cane. *Anim. Feed Sci. Technol.* 219:102-110. doi:10.1016/j.anifeeds.2016.06.008
- Magnabosco, C.U., R.D. Sainz, C.U. Faria, M.J. Yokoo, F. Manicardi, V. Barbosa, C. Guedes, P.R. Leme, A. Pereira, F.R.C. Araújo, A.C. Sanches, e R. Lôbo. 2006. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em Zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. Em: C.U. Magnabosco, editor, V Simpósio de Produção de Gado de Corte, e I Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte. UFV, e Suprema Gráfica e Editora LTDA., Viçosa, BRA. p. 239-271.
- Mandell, I.B., E.A. Gullett, J.W. Wilton, R.A. Kemp, and O.B. Allen. 1997. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Liv. Prod. Sci.* 49:235-248. doi:10.1016/S0301-6226(97)00016-X
- Mao, Y., D.L. Hopkins, Y. Zhang, P. Li, L. Zhu, P. Dong, R. Liang, J. Dai, X. Wang, and X. Luo. 2016. Beef quality with different intramuscular fat content and proteomic analysis using isobaric tag for relative and absolute quantitation of differentially expressed proteins. *Meat Sci.* 118:96-102. doi:10.1016/j.meatsci.2016.03.028
- Marshall, D.M. 1999. Genetics of meat quality. In: R. Fries, A. Ruvinsky, editors, *The genetics of cattle*. CABI Publishing, Oxfordshire, GBR. p. 605-636.
- Melucci, L.M., M. Panarace, P. Feula, E.L. Villarreal, G. Grigioni, F. Carduza, L.A. Soria, C.A. Mezzadra, M.E. Arceo, J. Papaleo-Mazzucco, P.M. Corva, M. Iruqueta, A. Rogberg-Muñoz, and M.C. Miquel. 2012. Genetic and management factors affecting beef quality in grazing Hereford steers. *Meat Sci.* 92:768-774. doi:10.1016/j.meatsci.2012.06.036
- Monsón, F., C. Sañudo, and I. Sierra. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Sci.* 71:471-479. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.026
- Moreira, F.B., N.E. de-Souza, M. Matsushita, I.N. do-Prado, and W.G. do-Nascimento. 2003. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* × *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 46:609-616. doi:10.1590/S1516-89132003000400016
- Morris, S.T., R.W. Purchas, and D.L. Burnham. 1997. Short-term grain feeding and its effect on carcass and meat quality. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 57:275-277.
- Muir, P.D., G.J. Wallace, P.M. Dobbie, and M.D. Bown. 2000. A comparison of animal performance and carcass and meat quality characteristics in Hereford, Hereford×Friesian, and Friesian steers grazed together at pasture. *N.Z. J. Agric. Res.* 43:193-205. doi:10.1080/00288233.2000.9513421
- Nuernberg, K., D. Dannenberger, G. Nuernberg, K. Ender, J. Voigt, N.D. Scollan, J.D. Wood, G.R. Nute, and R.I. Richardson. 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Liv. Prod. Sci.* 94:137-147. doi:10.1016/j.livprodsci.2004.11.036
- Opatpatanakit, Y., J. Sethakul, K. Tunvisoottikul, and W. Promin. 2007. Factors affecting on carcass quality of feedlot steers under production system of Kamphaengsaen beef cooperative. Beef production. In: Y. Opatpatanakit, editor, *Proceedings of 45th Kasetsart University annual conference*. Kasetsart University, Bangkok, THA. p. 171-178.
- Papaleo-Mazzucco, J., D.E. Goszczynski, M.V. Ripoli, L.M. Melucci, A.M. Pardo, E. Colatto, A. Rogberg-Muñoz, C.A. Mezzadra, G.J. Depetris, G. Giovambattista, and E.L. Villarreal. 2016. Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Sci.* 114:121-129. doi:10.1016/j.meatsci.2015.12.018
- Pesti, G.M. 1997. Pooled standard error?? *Poult. Sci.* 76:1624.

- Pinto, A., R.A. Passetti, A. Guerrero, D.C. Rivaroli, D. Perotto, and I. do-Prado. 2015. Concentrate levels of crossbred bulls slaughtered at 16 or 22 months: performance and carcass characteristics. *Acta Sci. Anim. Sci.* 37:149-157. doi: 10.4025/actascianimsci.v37i2.25116
- Poder-Ejecutivo-de-Costa-Rica. 2001. Decreto Ejecutivo No. 29588-MAG-S “Reglamento sanitario y de inspección veterinaria de mataderos, producción y procesamiento de carne”. *Diario Oficial La Gaceta*, № 120, San José, CRC.
- Pordomingo, A.J., N.A. Juan, y A.B. Pordomingo. 2007. Relación entre el aumento de peso de novillos sobre verdes de invierno y parámetros de calidad del verdeo (Comunicación). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27:83-84.
- Pouzo, L., N. Fanego, F.J. Santini, A. Descalzo, and E. Pavan. 2015. Animal performance, carcass characteristics and beef fatty acid profile of grazing steers supplemented with corn grain and increasing amounts of flaxseed at two animal weights during finishing. *Liv. Sci.* 178:140-149. doi:10.1016/j.livsci.2015.05.034
- Purchas, R.W., and S.T. Morris. 2007. A comparison of carcass characteristics and meat quality for Angus, Hereford×Friesian, and Jersey×Friesian steers. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 67:18-22.
- Ramírez-Barboza, J., A. Valverde-Abarca, A. Rojas-Bourillón. 2016. Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. *Agron. Mesoam.* 28:43-57. doi:10.15517/am.v28i1.21472
- Realini, C.E., S.K. Duckett, G.W. Brito, M. Dalla-Rizza, and D. De-Mattos. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66:567-577. doi:10.1016/S0309-1740(03)00160-8
- Šafus P., J. Příbyl, Z. Veselá, L. Vostrý, M. Štípková, and L. Stádník. 2006. Selection index for bulls of Czech Fleckvieh cattle in the Czech Republic. *Czech J. Anim. Sci.* 51:285-298.
- Sami, A.S., C. Augustini, and F.J. Schwarz. 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat Sci.* 67:195-201. doi:10.1016/j.meatsci.2003.10.006
- Santos, R., F. Peña, M. Juárez, C. Avilés, A. Horcada, and A. Molina. 2013. Use of image analysis of cross-sectional cuts to estimate the composition of the 10th–11th–12th rib-cut of European lean beef bulls. *Meat Sci.* 94:312-319. doi:10.1016/j.meatsci.2013.03.018
- Schiermister, L.N., R.M. Thallman, L.A. Kuehn, S.D. Kachman, and M.L. Spangler. 2015. Estimation of breed-specific heterosis effects for birth, weaning, and yearling weight in cattle. *J. Anim. Sci.* 93:46-52. doi:10.2527/jas.2014-8493.
- Schreurs, N.M., F. Garcia, C. Jurie, J. Agabriel, D. Micol, D. Bauchart, A. Listrat, and B. Picard. 2008. Meta-analysis of the effect of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. *J. Anim. Sci.* 86:2872-2887. doi:10.2527/jas.2008-0882
- Scollan, N., J.F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson, and A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 74:17-33. doi:10.1016/j.meatsci.2006.05.002
- Sethakul, J., Y. Opatpatanakit, K. Tunvisoottikul, and W. Promin. 2007. Retail cuts percentage and meat quality of feedlot steers under production system of Kamphaengsaen beef cooperative. Beef production. In: J. Sethakul, editor, Proceedings of 45th Kasetsart University annual conference. The. Kasetsart University, Bangkok, THA. p. 179-186.
- Thompson, J.M., and R. Barlow. 1981. Growth and carcass characteristics of crossbred and straightbred Hereford steers. II. Carcass measurements and composition. *Australian J. Agric. Res.* 32:171-181. doi:10.1071/AR9810171
- Tumwasorn, S., P. Prucasari, K. Markvichitr, B. Rengsirikul, P. Innurak, and C. Chantalakhana. 1982. Comparative performance of Thai indigenous native, Brahman halfbred, and Charolais halfbred cattle at Kamphaengsaen Animal Research Station.

- In: S. Tumwasorn, editor, Proceedings of the 20th Kasetsart University annual conference. Kasetsart University, Bangkok, THA. p. 363-376.
- USDA. 1990. Official United States standards for grades of feeder cattle, meats, prepared meats, and meat products (grading, certification and standards). USDA, WA, USA.
- Villarreal, E.L., L.M. Melucci, and Mezzadra, C.A. 2006. Genetic components for slaughter and meat quality traits in the Angus-Hereford crossing. In: Instituto Prociência, editor, Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Instituto Prociência, Minas Gerais, BRA. p. 13-17
- Waritthitham, A., C. Lambert, H.J. Langholz, M. Wicke, and M. Gauly. 2010. Assessment of beef production from brahman x Thai native and charolais x Thai native crossbred bulls slaughtered at different weights. I: Growth performance and carcass quality. *Meat Sci.* 85:191-195. doi:10.1016/j.meatsci.2009.12.024
- Warren, H.E., N.D. Scollan, M. Enser, S.I. Hughes, R.I. Richardson, and J.D. Wood. 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci.* 78:256-269. doi:10.1016/j.meatsci.2007.06.008
- Wheeler, T.L., J.W. Savell, H.R. Cross, D.K. Lunt, and S.B. Smith. 1990. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, brahman and brahman-cross beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:3677-3686. doi:10.2527/1990.68113677x
- Wood, J.D., R.I. Richardson, G.R. Nute, A.V. Fisher, M.M. Campo, E. Kasapidou, P.R. Sheard, and M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Sci.* 66:21-32. doi:10.1016/S0309-1740(03)00022-6
- Zhang, Q., H.G. Lee, J.A. Han, E.B. Kim, S.K. Kang, J. Yin, M. Baik, Y. Shen, S.H. Kim, K.S. Seo, and Y.J. Choi. 2010. Differentially expressed proteins during fat accumulation in bovine skeletal muscle. *Meat Sci.* 86:814-820. doi:10.1016/j.meatsci.2010.07.002
- Zorzi, K., S.F. Bonilha, A.C. Queiroz, R.H. Branco, T.L. Sobrinho, and M.S. Duarte. 2013. Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. *Meat Sci.* 93:593-599. doi:10.1016/j.meatsci.2012.11.030