

EFFECTO DE RAZA Y NIVELES DE ENERGÍA EN LA FINALIZACIÓN DE NOVILLOS EN PASTOREO¹

José Ignacio Ramírez-Barboza², Anthony Valverde-Abarca³, Augusto Rojas-Bourrillón⁴

RESUMEN

Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del componente racial y la suplementación energética en novillos en etapa de finalización en pastoreo sobre la ganancia de peso, la calidad de la canal y la fuerza de corte (kg). El periodo de evaluación del estudio fue de 144 días, durante el año 2014. Este se realizó en la finca “La Vega” ubicada en el cantón de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Se utilizaron veintiséis animales distribuidos en dos grupos raciales y tres niveles de suplementación para un total de seis tratamientos experimentales: E-T₀ (3,2 Mcal), C-T₀ (3,2 Mcal), E-T₁ (3,4 Mcal), C-T₁ (3,4 Mcal), E-T₂ (3,67 Mcal) y C-T₂ (3,67 Mcal). Se evaluaron: ganancia diaria de peso (GDP) y peso vivo y de la canal, marmoleo, desarrollo muscular, grasa dorsal, rendimiento en canal, espesor de grasa dorsal (EGD), peso de grasa perirenal, área del ojo del lomo (AOL) y finalmente la fuerza de corte (FC) como parámetro de calidad de carne. No se encontraron diferencias debido al efecto de la ración ($P>0,05$) para ganancia diaria de peso, peso de la canal, marmoleo, desarrollo muscular y grasa dorsal. Se encontró un efecto del componente racial sobre la calidad de carne ($P<0,05$), en donde los animales europeos presentaron carnes con mayor suavidad, en un periodo de maduración de catorce días (5,32 vs 8,53 kg).

Palabras clave: ganado de carne, ganancia diaria de peso, calidad de carne, marmoleo.

ABSTRACT

Effect of breed and energy levels during the finishing phase of steers on grazing. The objective of this paper was to evaluate the effect of the breed and energy supplementation in steers during the final stage of grazing on weight gain, channel quality and the cut-in force (kg). The evaluation period of the study was of 144 days, during the year of 2014. It was done in the “La Vega” farm in the county of San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Twenty six animals were used, distributed in two breed groups and three levels of supplementation totaling six experimental treatments: E-T₀ (3,2 Mcal), C-T₀ (3,2 Mcal), E-T₁ (3,4 Mcal), C-T₁ (3,4 Mcal), E-T₂ (3,67 Mcal) y C-T₂ (3,67 Mcal). The evaluated variables were: daily weight gain (DWG) and live weight and the canal, marbling, muscular development, dorsal fat, channel performance, spinal fat thickness (SFT), perirenal fat weight, thickness of the loin eye (TLE) and finally the cutting force (CT) as a parameter of the meat quality. No significance differences were found in daily weight gain, canal weight, marbling, muscular development and dorsal fat due to the effect of the ration ($P>0,05$). A breed component effect was found in the quality of the meat ($P<0,05$), where European animals presented softer meat in a ripening period of fourteen days (5,32 vs 8,53 kg).

Keywords: beef cattle, weight daily gain, beef quality, marbling.

¹ Recibido: 8 de octubre, 2015. Aceptado: 11 de febrero, 2016. Este trabajo es parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía del primer autor, realizada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

² Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Escuela de Agronomía, Sede Regional San Carlos. Alajuela, Costa Rica. jiraba90@gmail.com

³ Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), 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).

⁴ Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Campus Rodrigo Facio. San Pedro, Costa Rica. Apdo. Postal 2060, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes. San José, Costa Rica. augusto.rojas@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

En Costa Rica los sistemas de producción y alimentación del ganado bovino de carne se basan principalmente en el consumo pasturas no mejoradas; sin embargo, el uso de sistemas de producción semintensivos e intensivos se han venido incrementando en los últimos años, lográndose aumentos en la ganancia de peso, rendimientos y calidad de la canal, así como la productividad por unidad de área (Rodríguez et al., 2014). Los sistemas intensivos son muy diversos e incluyen una serie de alternativas de alimentación que combinan diversas fuentes de forraje, subproductos y granos. El uso de alimentos balanceados junto con el pastoreo en periodos de finalización o engorde es cada vez más común (Kucsevska y Balbuena, 2012). Por lo anterior, se considera que la variabilidad en el crecimiento y las diferencias en términos de la canal y calidad de la carne, deben ser estudiadas.

Uno de los objetivos de la industria cárnica es proveer un producto de calidad en términos de suavidad, y que a su vez, sea una actividad competitiva. Existe una importante fuente de variación genética en la población de ganado de carne que se relaciona con la variación en el rendimiento bovino, la suavidad de la carne y los costos de producción (Brown et al., 2004).

La respuesta animal en términos del rendimiento en canal y la calidad de la carne en sistemas de alimentación basados en pastoreo es muy variable y está relacionada con la fase de desarrollo y finalización (Choat et al., 2003; Neel et al., 2007). La madurez fisiológica está asociada al genotipo, pero la etapa de crecimiento podría tener un efecto importante (Owens et al., 1995).

Es necesario proponer estrategias de alimentación en la etapa de finalización, considerando que el recurso forrajero es la principal fuente de alimentación que se tiene en condiciones tropicales, dado que los costos de producción se minimizan, la carne es más saludable para el consumo humano, no se compromete el bienestar animal y la producción es más amigable con el ambiente y baja en emisiones de gases de efecto invernadero (del Campo et al., 2008).

Diversos sistemas de alimentación en la fase de finalización del bovino han sido estudiados ampliamente en los últimos años con resultados variados sobre características de la canal y calidad de la carne (Descalzo et al., 2005; García et al., 2008). Por ejemplo, hay estudios que indican que la suavidad de la

carne es menor en sistemas extensivos en comparación con sistemas intensivos en cuya alimentación se utilizan grandes cantidades de alimentos balanceados (Christall, 1994; Latimori et al., 2008). En otros estudios, no se han señalado diferencias en la calidad y aceptabilidad de la carne de animales finalizados con forrajes o concentrados (Vestergaard et al., 2000; French et al., 2001).

Se indica que la carne bovina de animales alimentados con forraje posee cualidades similares en suavidad, que la carne de animales alimentados con concentrados (Oltjen et al., 1971; Realini et al., 2004). Esta variabilidad en los resultados indica que es necesario más investigación para establecer y/o identificar las fuentes de variación que ocasionan estas diferencias.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del componente racial y la suplementación energética en novillos en etapa de finalización en pastoreo sobre la ganancia de peso, la calidad de la canal y la fuerza de corte (kg).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y fuente de datos

El estudio se realizó entre los meses de enero y mayo de 2014. La primera fase se desarrolló en la finca “La Vega”, de 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, situada en el distrito de Florencia, provincia de Alajuela; cuya posición geográfica está dada por las coordenadas 10° 21'43" de latitud norte y 84°28'39" de longitud oeste, a una altitud media de 160 m, con una temperatura promedio, humedad relativa y precipitación media de 26,5 °C, 84% anual, y 3062 mm, respectivamente. La segunda fase se realizó en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en el cantón Central, distrito San Antonio del Tejar de la provincia de Alajuela. La última etapa se llevó a cabo en el Laboratorio Nacional de la Carne del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH) de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Se utilizaron veintiséis bovinos castrados de composición racial brahman (BR) (13) y brahman*charolais (F1) (13). El peso promedio al

inicio del experimento fue de $350,0 \pm 38,0$ kg; con una edad promedio de 22,5 meses. Previo al inicio del ensayo experimental hubo un periodo de acostumbamiento de veintidós días.

Caracterización del sistema

En la fase de campo, los animales se manejaron en un sistema de pastoreo rotacional intensivo, con divisiones permanentes de cerca eléctrica en un área de 18,78 hectáreas (ha) establecidas con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*), Tanner (*Brachiaria radicans*) y Ratana (*Ischaemum indicum*). El área fue dividida en dieciocho potreros de 1,04 ha, con el fin de establecer un sistema rotacional de dos días de ocupación y 34 días de descanso. El agua para los animales se suministró *ad libitum* mediante abrevaderos. Los animales se suplementaron con raciones que contenían 13% de proteína cruda (PC) (Cuadro 1). La suplementación se realizó considerando un consumo total de materia seca de 2,75% del peso vivo (PV), según la metodología de estimación descrita por Cortés

et al. (2003). Los aportes de MS correspondientes al forraje y la ración balanceada (Cuadro 2) fueron de 1,75% y 1,0% (Pordomingo et al., 2007) del peso vivo (PV), respectivamente. El balance nutricional de cada tratamiento de suplementación se realizó con un programa de formulación de raciones de mínimo costo. Cuando los animales alcanzaron el peso de matanza fueron trasladados a la planta de cosecha, localizada a 84 km de distancia de la unidad de producción.

Cuadro 2. Niveles de inclusión de las materias primas según el tratamiento para la elaboración raciones alimenticias para novillos de engorde en pastoreo, en la finca “La Vega de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 2. Inclusion levels of raw materials as treatment for developing food rations used in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Cuadro 1. Composición nutricional de las raciones isoproteicas para novillos de engorde en pastoreo, en la finca “La Vega” de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 1. Isoproteic nutritional composition of rations for fattening steers grazing in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Nutriente	Suplementación energética		
	T ₀	T ₁	T ₂
Proteína cruda	13,00	13,00	13,00
Energía digestible/kg (Mcal)	3,20	3,40	3,67
Calcio	0,91	1,16	0,94
Fósforo	0,49	0,49	0,55
Fibra neutro detergente (FND)	28,90	30,50	41,20
Fibra ácido detergente (FAD)	14,20	15,20	22,10
Grasa	4,90	8,19	5,45
Carbohidratos no fibrosos (CNF)	40,43	37,00	30,00

T: tratamiento / T: treatment.

Ingredientes	% Ración		
	T ₀	T ₁	T ₂
Maíz amarillo	30,00	27,58	9,14
Melaza de caña	12,00	8,00	12,00
Destilados de maíz	17,68	17,40	5,36
Harina de coquito	17,57	20,27	40,00
Acemite de trigo	20,00	20,00	30,00
Premix	0,25	0,25	0,25
Carbonato de calcio	2,00	2,00	2,00
Sal	0,50	0,50	0,50
Grasa de sobrepaso	0,00	4,00	0,00
Gluconeogénico 1,2-propanodiol	0,00	0,00	0,75

T: tratamiento / T: treatment.

Descripción de las variables

Se evaluaron variables como la ganancia diaria de peso (GPD), mediante pesajes mensuales con una balanza de precisión ganadera ($\pm 0,5$ kg), y el marmoleo, profundidad y espesor de grasa dorsal, todas medidas sobre el músculo mediante ultrasonográficas *in vivo* de *Longissimus dorsi thoracis* (LDT) sobre la duodécima

vértebra lumbar. Además, se evaluó el consumo o rechazo del suplemento, mediante pesajes diarios con balanza de precisión ($\pm 0,005$ kg), realizados una vez que los animales volvían al pastoreo transcurridos 45 min. Se ofrecieron minerales *ad libitum* a todos los animales.

La cosecha, faena e inspección *post mortem* de los animales se hizo de acuerdo con el Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes (Decreto Ejecutivo No. 29588-MAG-S-2001) (Poder Ejecutivo, 2001).

En la planta procesadora de carne se evaluaron variables como peso en pie en planta (PPP), peso de la canal caliente (PCC) al final de la línea de cosecha, porcentaje de rendimiento en canal, peso de la grasa perirrenal (PGP) y el desarrollo muscular (DM). Después de veinticuatro horas *post mortem*, a las canales refrigeradas (4 °C) se les evaluó el grosor de grasa de cobertura (GG) sobre el *Longissimus dorsi lumborum* (LDL), mediante el promedio de tres medidas tomadas perpendicularmente a un cuarto, la mitad y tres cuartos del eje longitudinal de la superficie del músculo. Sobre el mismo músculo fue determinada la grasa intramuscular (marmoleo), mediante patrones fotográficos (AMSA, 1995) cuya escala fue modificada a una escala de cinco puntos donde 0 = desprovisto de marmoleo; 1 = trazas de marmoleo; 2 = marmoleo ligero; 3 = marmoleo moderado; 4 = marmoleo abundante. El área de sección transversal del *L. dorsi lumborum* (AOL) fue determinado a las 24 h *post mortem*, realizando un corte a nivel de la intersección entre la 12-13ª 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 (USDA, 1990) validada para la estimación.

La variable de fuerza al corte (kg) se evaluó en muestras del *L. dorsi lumborum* a los catorce días de maduración. Para ello, se procedió a recolectar una muestra de 1,2 kg del músculo, post deshuese de cada uno de los animales. Las muestras fueron empacadas al vacío e identificadas por número de canal con respecto a como fueron deshuesadas. Se procedió a refrigerar en un frigorífico por catorce días a una temperatura de 4 °C. Transcurrido el tiempo de maduración, se procedió a realizar los cortes de cada muestra para la evaluación. De cada muestra se obtuvieron dos submuestras de una pulgada de ancho (2,54 cm) por 6 cm de largo, y con un peso aproximado de 200 – 250 g. Seguidamente,

se efectuó la cocción de acuerdo con el protocolo establecido por AMSA (2001). Para el control de la temperatura interna de cada submuestra se utilizaron termocuplas calibradas. Una vez que las muestras se encontraban a temperatura ambiente (25 °C), se procedió a extraerles ocho cilindros de 1,3 cm de diámetro por cada submuestra, con un taladro de manera paralela a las fibras musculares. Posteriormente, se determinó la fuerza de corte (kg) con el equipo Warner Bratzler Shear Force a una velocidad fija de 20 cm/min.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial (2x3), donde se consideraron como factor A, el componente racial (BI) y (BI*BT) y como factor B las tres raciones. Se utilizaron veintiséis unidades experimentales y seis tratamientos de suplementación, donde T_0 (3200 kcal ED o grupo testigo), T_1 (3400 kcal ED) y T_2 (3675 kcal ED), se conformaron por tres, cinco y cinco repeticiones, respectivamente. Se realizó el análisis de modelos lineales generales y mixtos para evaluar diferencias entre los tratamientos y se ejecutaron pruebas de comparación múltiple de Bonferroni ($p < 0,05$) para encontrar diferencias entre tratamientos.

Adicionalmente, se realizó análisis un multivariado con el propósito de reducir la dimensionalidad de la variables utilizadas. Se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) para eliminar las variables redundantes. Finalmente, se hizo el análisis de conglomerados (AC), método de Ward (Ward, 1963) y distancia Euclídea (Kurata y Tarazaga, 2015). Esta determinación fue ratificada mediante un análisis de discriminante (AD) para comprobar el sesgo entre los agrupamientos resultantes. Para verificar las diferencias entre los agrupamientos, se utilizó la prueba de Wilks.

Todos los análisis fueron efectuados con el programa estadístico INFOSTAT-P (Di Rienzo et al., 2013).

El modelo estadístico descrito fue de tipo:

$$Y_{ij} = \mu m + R_i + D_j + R_i * D_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta asociada a la i-ésima raza de la j-ésima ración.

μm = media general.

R_i = efecto de la i-ésima raza.

D_j = efecto de la j-ésima ración.

$R_i * D_j$ = efecto del ij-ésima interacción.

ε_{ij} = efecto del ij-ésimo error experimental aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento biológico de los animales

La ganancia diaria de peso varió entre 0,93 y 1,12 kg/animal/día. Al considerar el efecto de la raza sobre la suplementación energética no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) (Cuadro 3), sin embargo, se denotó una tendencia de mayor ganancia diaria de peso en los fenotipos con mayor proporción de genes *B. taurus* (Tumwasorn et al., 1982; Warithitham et al., 2010), lo que puede ser explicado por la heterosis máxima del F_1 y la capacidad de adaptación al medio de producción. Resultados similares se obtuvieron en otras investigaciones (Pusineri y Ocampos, 2004; del Campo et al., 2008; Gallo et al., 2013). En Costa Rica se han reportado valores para novillos $\frac{3}{4}$ brahman x $\frac{1}{4}$ charolais castrados a los siete y doce meses, de 0,57 y 0,54 kg/d, respectivamente (Rodríguez et al., 2014). Por su parte, Melucci et al. (2012) indicaron valores de 0,73 kg/d en novillos europeos hereford alimentados a base de pasto. Resultados similares a los de este estudio

han sido informados en razas europeas (1,03 - 1,11 kg/d) (Piedrafita et al., 2003) y en dietas con forraje ensilado de baja y alta calidad, con valores de 0,98 y 1,17 kg, respectivamente (Kirkland y Patterson, 2006).

En animales europeos se han referido ganancias superiores, de 1,54 y 1,56 kg/d en raciones con cebada+ryegrass y cebada, respectivamente (Zaman et al., 2002). Esto implica que la naturaleza de la fuente alimenticia determina el desempeño fenotípico favorable de animales *Bos taurus* respecto a los *Bos indicus* durante el crecimiento (Özlütürk et al., 2004; Riera et al., 2004; Warithitham et al., 2010).

Es probable que en la presente investigación el comportamiento animal fue lo que más influyó en esta variable, debido al temperamento o estado de alerta ante situaciones de riesgo por disminución del área de capacidad de fuga (Behrends et al., 2009) de los animales *Bos indicus*, y por consiguiente, la limitación en el consumo de alimento. Los animales *Bos indicus* presentaron comportamientos más temperamentales que los *Bos taurus*, lo que limitaba el consumo de los primeros durante el tiempo de alimentación suplementaria. Probablemente, al aumentar el espacio y la disponibilidad de área de comedero, los problemas asociados a las jerarquías y temperamento se redujeron, lo que implicaría que el gasto energético asociado al

Cuadro 3. Medias ($\pm$ EE) de las variables evaluadas en la primera fase, según tratamiento de niveles de energía y componente racial en la finalización de novillos en pastoreo en la finca “La Vega” de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 3. Means ($\pm$ SE) of the variables evaluated in the first phase as treatment energy levels and racial component in the ending of steers grazing in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Variable	T ₀		T ₁		T ₂	
	Cebuño	Europeo	Cebuño	Europeo	Cebuño	Europeo
n	3	3	5	5	5	5
Días experimentales	122	122	122	122	122	122
Consumo promedio/animal (kg)	489,45 $\pm$ 40,25	489,45 $\pm$ 40,25	482,62 $\pm$ 69,62	482,62 $\pm$ 69,62	480,03 $\pm$ 78,61	480,03 $\pm$ 78,61
Peso inicial (kg)	353,00 $\pm$ 22,65a	352,67 $\pm$ 22,65a	363,00 $\pm$ 17,55a	334,00 $\pm$ 17,55a	380,00 $\pm$ 19,62a	338,60 $\pm$ 17,55a
Peso final (kg)	489,00 $\pm$ 27,87a	500,67 $\pm$ 27,87a	505,40 $\pm$ 21,59a	489,00 $\pm$ 21,59a	484,75 $\pm$ 24,14a	486,00 $\pm$ 21,59a
GDP* (kg/día)	0,99 $\pm$ 0,09a	1,12 $\pm$ 0,09a	1,05 $\pm$ 0,07a	1,07 $\pm$ 0,07a	0,93 $\pm$ 0,11a	1,12 $\pm$ 0,07a

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni, $P < 0,05$) / Within a row means with different letter are significantly different (Bonferroni, $P < 0,05$).

* GDP: ganancia diaria de peso / GDP: weight daily gain.

T: tratamiento / T: treatment.

temperamento de los animales se pudo redireccionar hacia la ganancia de peso vivo.

El nivel de suplementación energética antes de la cosecha tiene un efecto positivo en el crecimiento del animal y los rendimientos posteriores (Gallo et al., 2013). Los resultados observados en el estudio difieren a lo descrito, probablemente debido a una sobrevaloración de la fuente energética (1,2-propanodiol) utilizada en el tratamiento más energético, ya que se utilizaron las características nutricionales reportadas para la estimación de la cantidad de energía que podría generar el producto según la dosis recomendada. Un mayor contenido de carbohidratos no fibrosos genera una mayor eficiencia en la fermentación ruminal, con mayor producción de ácidos grasos volátiles lo que favorece la deposición de tejidos (Rueda et al., 2006). El tratamiento T_2 fue el que contenía menor cantidad de granos de cereales, lo que puede explicar los menores valores de ganancias diarias de peso y peso vivo final obtenidos.

Un factor que posiblemente influyó en los pesos de los animales, fue el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) de los tratamientos, principalmente almidón. Al respecto, NRC (2000) sugiere que las necesidades del ganado vacuno con respecto al porcentaje de CNF en la ración total, debe variar entre 35-38% de la materia seca, para asegurar el

metabolismo de los ácidos grasos volátiles (AGV), y la producción de glucosa para generar energía (Cuadro 4). La producción de carne se podría aumentar al disponer de un cereal forrajero balanceado por energía y proteína, de forma que el almidón proveniente del grano de cereal suministrado en proporciones de 0,5% del PV, permite redireccionar ese almidón a los adipocitos y obtener mayores ganancias de peso (Pordomingo et al., 2002). Esta tendencia pudo observarse en las raciones T_0 y T_1 , donde se utilizó un nivel de inclusión de maíz de 30 y 27,58%, respectivamente. La baja calidad de las pasturas tropicales condiciona el aporte total de CNF a la ración total (Cowan y Lowe, 1998), por lo que, las raciones que se suplementan deben poseer alto contenido de CNF, provenientes de materias primas tales como melaza, maíz y subproductos de trigo (Sánchez, 2001).

Es probable que el compuesto gluconeogénico utilizado no actuó eficientemente en la formación de glucosa vía gluconeogénesis, y esto pudo limitar la acción de la insulina en la captación de glucosa dentro de la célula. Adicionalmente, la síntesis de glucosa se pudo ver desfavorecida al limitar en la ración la inclusión de materias primas que aportaran la cantidad necesaria de CNF y con ello, asegurar la cantidad de propionato disponible para la producción de glucosa en hígado y de almidón sobrepasante requerido para altos rendimientos.

Cuadro 4. Aporte de carbohidratos no fibrosos (CNF, %) en la ración total (RT) de acuerdo con cada uno de los tratamientos utilizados para la suplementación de novillos en fase de finalización, en la finca “La Vega” de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Costa Rica. 2014.

Table 4. Non fiber carbohydrates (NFC, %) contribution in the total ration (TR) according to treatments used for supplementation of steers being finalized in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in San Carlos of Costa Rica. 2014.

Aporte	Materia seca (kg)	T_0 (kg CNF)	T_1 (kg CNF)	T_2 (kg CNF)
Pasto	8	1,22*	1,22	1,22
Suplemento	3,48	1,40**	1,29	1,04
Total	11,48	2,62	2,51	2,26
	%CNF _{RT}	22,82	21,86	19,69

*kg de CNF calculado con base en el 15,24%CNF reportado por el análisis bromatológico / NFC (kg) calculated based on CNF 15,24% reported by the compositional analysis.

**kg de CNF calculado con base en las cualidades nutricionales de las raciones (40,43, 37 y 30% CNF, respectivamente) / NFC (kg) calculated on the nutritional qualities of the portions (40.43, 37 and 30% respectively).

T: tratamiento / T: treatment.

Pruebas ultrasonográficas

Al analizar el efecto del componente racial sobre la grasa dorsal, desarrollo muscular y marmoleo no hubo diferencias estadísticas ($p>0,05$) (Cuadro 5). El desarrollo muscular se correlaciona negativamente con la grasa dorsal (Moreira et al., 2003), lo que pudo explicar la tendencia mostrada por T_0 , T_1 y T_2 , en donde los animales *B. indicus* mostraron mayor espesor de grasa dorsal que los F1 *B. taurus***B. indicus*. Estos resultados coinciden con los reportados por Chauchuwong et al. (1997), al comparar *B. taurus*, *B. indicus* y sus cruces en donde los animales con mayor proporción de genes europeos mostraron mejor desarrollo muscular y menor espesor de grasa dorsal.

El marmoleo en los animales *B. taurus* tiende a ser mayor que en animales *B. indicus* (Cerino-Limón et al., 2012). En animales europeos, con dietas concentradas de 16% de proteína cruda, 5% de fibra cruda y 90% de materia seca, se han reportado resultados similares en marmoleo (3,32%) a los obtenidos en la presente investigación (Indurain et al., 2009), y la tendencia mayor observada en los animales F1 *B. taurus***B. indicus* puede explicarse por el componente genético del cruzamiento o la heterosis máxima en la primera generación. Existen diferencias con escalas bajas de marmoleo entre *Bos taurus* y *Bos indicus* (Warithitham et al., 2010), lo que podría explicarse por la calidad nutricional de los pastos tropicales.

El crecimiento animal está directamente relacionado con el morfotipo biológico y el componente

genético (Wood, 1984). En esta investigación se evidenció una tendencia de los animales cebuinos a presentar una mayor cobertura de grasa dorsal que los animales F1 *B. indicus***B. taurus*, lo que probablemente puede explicarse por la correlación negativa entre desarrollo muscular y grasa dorsal (Moreira et al., 2003). Similares resultados fueron reportados por Curi et al. (2010) al comparar animales *B. taurus***B. indicus* y *B. indicus*. Una tendencia contraria al analizar la grasa dorsal en animales *B. taurus* *B. indicus*, ha sido descrita por otros autores (Nour y Thonney, 1987; Renand y Fisher, 1997; Wood y Smulders, 1999; Klee y Chavarría, 2000; Atencio-Valladares et al., 2008; Caetano et al., 2013). Las escalas cuantificadas en la presente investigación se ubicaron en la categoría de prácticamente “es desprovisto”, según el sistema USDA, lo que repercute en el aislamiento térmico durante el proceso de enfriamiento de la canal, lo que favorecería la pérdida en la calidad de la carne (Guedes, 2005).

Los resultados obtenidos indican que la ultrasonografía fue suficientemente sensible para detectar los cambios en el espesor de grasa en el tiempo, en el animal *in vivo*. Sin embargo, parte de la variación de los datos podría explicarse porque los programas de análisis (software) no contemplan ajustes para condiciones tropicales bajo sistemas de pastoreo y suplementación con bajos niveles de inclusión de fuentes amiláceas, lo que incide con la deposición de grasa intramuscular y por consiguiente en los valores de grasa dorsal de novillos en finalización.

Cuadro 5. Valores promedio ($\pm$ EE) de las ultrasonografías in vivo evaluadas en novillos de finalización, según tratamiento de niveles de energía y componente racial en la finca “La Vega”, de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 5. Means ($\pm$ SE) of the ultrasonography in vivo evaluated in ending steers as treatment of energy levels and racial component in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Variable	T_0		T_1		T_2	
	Cebuino	Europeo	Cebuino	Europeo	Cebuino	Europeo
Grasa dorsal (mm)	4,21 $\pm$ 0,71 ^a	3,68 $\pm$ 0,71 ^a	3,82 $\pm$ 0,66 ^a	3,71 $\pm$ 0,66 ^a	3,47 $\pm$ 0,68 ^a	3,16 $\pm$ 0,66 ^a
Desarrollo muscular (DM), mm	53,89 $\pm$ 2,48 ^a	58,60 $\pm$ 2,48 ^a	56,05 $\pm$ 2,29 ^a	57,46 $\pm$ 2,29 ^a	56,74 $\pm$ 2,36 ^a	55,16 $\pm$ 2,29 ^a
Marmoleo (M), %	3,35 $\pm$ 0,25 ^a	3,76 $\pm$ 0,25 ^a	3,01 $\pm$ 0,20 ^a	3,57 $\pm$ 0,20 ^a	3,24 $\pm$ 0,21 ^a	3,72 $\pm$ 0,20 ^a

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni, $P<0,05$) / Within a row means with different letter are significantly different (Bonferroni, $P<0,05$).

T: tratamiento / T: treatment.

Características biométricas de las canales

Al analizar el efecto de la suplementación energética sobre las variables de calidad de canal no se encontraron diferencias ($p>0,05$) (Cuadro 6). El peso de la canal encontrado fue inferior al descrito por Zaman et al. (2002) en raciones compuestas por cebada+forraje y similar al reportado por Piedrafito et al. (2003), quienes analizaron diez razas europeas e indicaron un rango de valores entre 249,9 y 324,0 kg a los diecinueve meses de edad promedio.

Se ha reportado una mejor respuesta en el rendimiento en canal de animales europeos en comparación con animales cebuinos bajo sistemas de suplementación energética (López et al., 2002; Rodas-González et al., 2006). En este trabajo se observó una tendencia de mayor rendimiento en canal de animales F1 *B. indicus***B. taurus*, en los tratamientos T_1 y T_2 , lo que puede explicarse porque el rendimiento de la canal está más fuertemente influenciado por el genotipo del animal, que se denota por el tipo de raza que por el componente ambiental (Albertí et al., 2008). En una investigación realizada en Venezuela se informó que los animales cebuinos presentaron mejores rendimientos en canal y carnes más duras en comparación con los europeos (Huerta et al., 1997). Similares resultados a los descritos en este trabajo

fueron reportados en Portugal y España en animales *B. taurus*, alimentados *ad libitum* con dietas basadas en maíz, estresados y sin estrés durante la cosecha, con valores entre 60,3 y 59,7%, respectivamente (Simões et al., 2005; Peña et al., 2014). Una menor respuesta en el rendimiento en canal de animales *B. indicus* y cruces *B. taurus***B. indicus* en condiciones de pastoreo y suplementación ha sido señalada por diversos autores (Jaturasitha et al., 2009; Rodríguez et al., 2014; Chizzotti et al., 2015), lo que podría sugerir que factores como la deposición de grasa, el llenado intestinal, así como la composición genotípica explicarían la alta variabilidad descrita.

El grosor de grasa tiende a ser mayor en animales finalizados con mayor proporción de granos; sin embargo, el valor predictivo en los bovinos es limitado, ya que solo indica la grasa en un punto específico de la canal y se ha descrito una distribución desuniforme de la grasa subcutánea (Tatum et al., 1988; Klee y Chavarría, 2000; Contreras, 2005). En este trabajo se observó una tendencia a la descrita anteriormente para los tratamientos T_0 y T_1 , sin embargo, no fue clara con relación al grupo racial y esto probablemente podría explicarse por el bajo valor predictivo de la variable.

Se ha descrito que al aumentar la cantidad de granos ofrecidos en la dieta de los animales, se incrementa la grasa en la zona perirrenal (Staerfl

Cuadro 6. Valores promedio ($\pm$ EE) de las variables de calidad de canal evaluadas en novillos de finalización, según tratamiento de niveles de energía y componente racial en la planta de matanza Coopemontecillos R.L, ubicada en Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 6. Means ($\pm$ SE) of the variables of carcass quality evaluated in ending steers as treatment of energy levels and racial component in the Coopemontecillos R.L slaughterhouse, located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Variable	T_0		T_1		T_2	
	Cebuino	Europeo	Cebuino	Europeo	Cebuino	Europeo
Edad (meses)	26,93 $\pm$ 0,38	27,27 $\pm$ 1,16	27,06 $\pm$ 1,42	27,46 $\pm$ 0,82	27,25 $\pm$ 0,73	26,70 $\pm$ 0,53
PPP (kg)	456,17 $\pm$ 28,15	459,33 $\pm$ 28,15	469,20 $\pm$ 21,80	452,70 $\pm$ 21,80	449,38 $\pm$ 24,38	449,90 $\pm$ 21,80
PCC (kg)	272,10 $\pm$ 16,50	266,20 $\pm$ 16,50	269,32 $\pm$ 12,78	262,96 $\pm$ 12,78	258,55 $\pm$ 14,29	265,36 $\pm$ 12,78
Rendimiento en canal (%)	59,64 $\pm$ 0,67a	57,90 $\pm$ 0,68a	57,34 $\pm$ 0,53a	58,04 $\pm$ 0,52a	57,48 $\pm$ 0,58a	59,03 $\pm$ 0,52a
Grosor de grasa (mm)	3,02 $\pm$ 0,88a	3,70 $\pm$ 0,94a	4,43 $\pm$ 0,72a	3,60 $\pm$ 0,70a	3,41 $\pm$ 0,77a	2,66 $\pm$ 0,69a
Grasa peri-renal (kg)	7,73 $\pm$ 0,92a	7,50 $\pm$ 0,99a	8,14 $\pm$ 0,14a	8,24 $\pm$ 1,83a	6,83 $\pm$ 0,88a	6,52 $\pm$ 0,77a
AOL (cm ²)	73,24 $\pm$ 4,94a	72,17 $\pm$ 4,94a	61,05 $\pm$ 4,29a	67,64 $\pm$ 4,25a	56,93 $\pm$ 4,42a	66,87 $\pm$ 4,24a

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni, $P<0,05$) / Within a row means with different letter are significantly different (Bonferroni, $P<0,05$).

T: tratamiento; PPP: peso pie en planta; PCC: peso canal caliente; AOL: área del ojo del lomo / T: treatment; PPP: live weight at slaughter; PCC: carcass weight at slaughter; AOL: loin eye area.

et al., 2011); esta tendencia pudo observarse en los tratamientos en que se incorporó más carbohidratos no fibrosos a la ración (T_0 y T_1).

El área del ojo del lomo está relacionada con la cantidad de músculo, el rendimiento en canal y con la proporción de cortes primarios (Magnabosco et al., 2006; Zuin et al., 2012). La utilización de raciones con mayor contenido energético no influyó ($p>0,05$) en el desarrollo muscular a nivel del *Longissimus dorsi lumborum*, y el componente racial no tuvo efecto en la misma; sin embargo, se denotó una tendencia de mayor área del ojo del lomo en los tratamientos (T_0 , T_1) que presentaban mayor proporción de carbohidratos no fibrosos, por lo que la fuente de energía es probable que influyera en la variable de respuesta. Al respecto, Zaman et al. (2002) mencionan que la suplementación con granos influye positivamente en el AOL, obteniendo mejores resultados en comparación con animales alimentados con base en pastos.

Con relación al componente genético y el AOL, la tendencia observada en este trabajo sugiere que, probablemente en dietas menos concentradas de carbohidratos no fibrosos, el factor genético influya mayormente en la respuesta animal y ocasione diferencias entre *B. taurus***B. indicus* y *B. taurus* (T_1 , T_2). Los valores obtenidos en AOL fueron similares a los informados por Curi et al. (2010) en Brasil, con animales *B. indicus* y cruces *B. indicus***B. taurus* y Rodríguez et al. (2014) en Costa Rica, con animales

*B. indicus***B. taurus*, en condiciones de pastoreo con suplementación, con valores de 70,31 cm², 74,51 cm² y 62,4 cm², respectivamente. En novillos Hereford alimentados a base de pasto, Melucci et al. (2012) reportaron valores de AOL de 57,73 cm², mientras que Hallet al. (2011) en animales *B. taurus* (angus, simmental, charolais, hereford, chianina, maine anjou y shorthorn) alimentados con una dieta estándar de finalización a base de maíz, reportaron valores medios de 88,37 cm², lo que confirma la tendencia observada en este trabajo de que el tipo de alimentación en el periodo de finalización puede estar relacionado con la calidad de la canal bovina.

Características asociadas a la calidad de la carne

Al analizar el efecto de la raza sobre la fuerza de corte a los catorce días de maduración, se encontraron diferencias estadísticas ($p<0,05$) (Cuadro 7). Los animales europeos presentaron en promedio menores valores de fuerza de corte (6,34 contra 8,17 kg). Similares resultados se han reportado al comparar la fuerza de corte en animales y *B. taurus***B. indicus* en condiciones de pastoreo y suplementación con dietas a base de maíz en Argentina (Latimori et al., 2008), Tailandia (Waritthitham et al., 2010) y Paraguay (Paniagua y Ocampos, 2013).

Los animales *B. indicus* presentaron una menor terneza que los *B. taurus***B. indicus* lo que

Cuadro 7. Valores promedio ($\pm$ EE) de las variables asociadas a calidad de la carne de novillos, según tratamiento de niveles de energía y componente racial en la finca “La Vega”, de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 7. Means ($\pm$ SE) of the variables associated with meat quality of steers as treatment of energy levels and racial component in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Variable	T_0		T_1		T_2	
	Cebuño	Europeo	Cebuño	Europeo	Cebuño	Europeo
Maduración (d)	14	14	14	14	14	14
Peso crudo (g)	220,41 $\pm$ 16,29	221,89 $\pm$ 16,29	201,45 $\pm$ 14,96	202,90 $\pm$ 14,85	191,65 $\pm$ 15,38	203,00 $\pm$ 14,85
Peso cocido (g)	162,40 $\pm$ 14,84	160,30 $\pm$ 14,84	147,07 $\pm$ 13,65	148,49 $\pm$ 13,58	138,17 $\pm$ 14,05	148,35 $\pm$ 13,58
Merma (%)	26,31 $\pm$ 4,14	27,82 $\pm$ 4,14	27,04 $\pm$ 3,82	27,04 $\pm$ 3,82	28,39 $\pm$ 3,94	27,27 $\pm$ 3,82
Fuerza de corte (kg)	8,53 $\pm$ 0,10a	5,32 $\pm$ 0,17b	7,14 $\pm$ 0,67ab	6,94 $\pm$ 1,07ab	8,83 $\pm$ 0,68a	6,77 $\pm$ 0,72ab

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni, $P<0,05$) / Within a row means with different letter are significantly different (Bonferroni, $P<0,05$).

T: tratamiento / T: treatment.

podría explicarse por el mayor nivel de actividad calpastatínica, lo que inhibe naturalmente la proteólisis calpastínica (Teira, 2004). La terneza de la carne está asociada al nivel de estrés del animal durante la cosecha y al tipo de manejo *post mortem* que se le haya sometido. En trabajos realizados en razas nelore (Zorzi et al., 2013), charolais (Chambaz et al., 2003) y hereford (del Campo et al., 2008) se ha reportado valores de fuerza de corte (kg) de 2,80; 3,26 y 3,86, respectivamente, los cuales fueron menores a los encontrados en esta investigación.

Los sistemas de alimentación con granos tienen un efecto importante en la terneza de la carne, debido a que una mayor cantidad de granos aumenta el contenido energético de la ración, lo que causa un mayor engrasamiento de la canal y de la carne y consecuentemente incrementa el porcentaje de grasa intramuscular y la síntesis de colágeno, lo que favorece a la disminución de la resistencia al corte (Vásquez et al., 2007; Paniagua y Ocampos, 2013). En la presente investigación se observó que el tratamiento que recibió la suplementación con mayor proporción de compuestos amiláceos, repercutió mayormente en el componente racial *B. taurus***B. indicus* que en el *B. indicus* ($p<0,05$), para valores de fuerza de corte. Es probable, aunque no hubo diferencias ($p>0,05$) para la interacción cruce racial*dieta, que el efecto genético aditivo para las características de engrasamiento de la canal, de la carne y síntesis de grasa intramuscular en los *B. taurus***B. indicus*, y el efecto ambiental de la suplementación con mayor proporción de granos, sea lo que pudo explicar que los *B. taurus***B. indicus* hayan presentado mayor terneza de la carne que los animales *B. indicus*.

Análisis multivariado

El análisis por componentes principales indicó que las variables de peso vivo (2,3), ganancia diaria de peso (1,2,4, total), grasa perirrenal, marmoleo, AOL, fuerza de corte, peso cocinado y merma explican, en dos componentes, el 74,7% de la variación total observada (Figura 1). Con las variables seleccionadas en los componentes principales se formaron tres conglomerados para agrupar los tratamientos (Figura 2). La correlación cofenética del análisis fue de 0,70, lo que indica que los conglomerados formados fueron aceptables. De acuerdo con el análisis discriminante,

se encontró un sesgo de 4,35% (tasa de error aparente) debido a que una repetición no se encontraba dentro del conglomerado asignado.

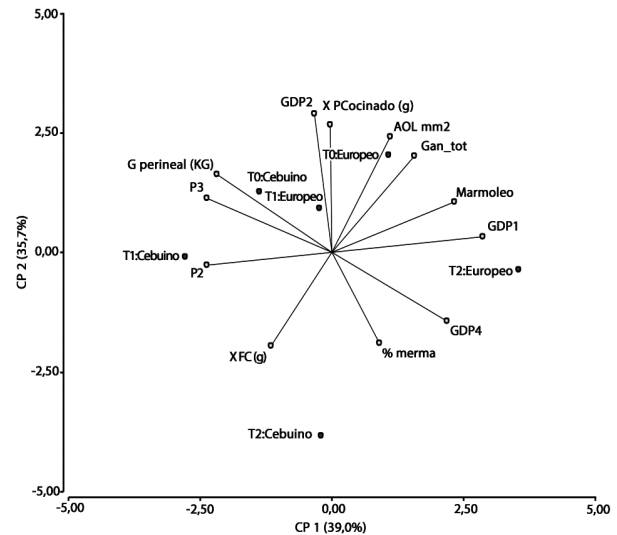


Figura 1. Factor de análisis de descripción de las relaciones entre las variables según el tratamiento (nivel energético) utilizado para la suplementación de novillos en fase de finalización y el componente racial, en la finca “La Vega” de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 2014. xFC: fuerza de corte (kg); P₂: peso vivo 60 días; P₃: peso vivo 90 días; G perirrenal: grasa perirrenal; GDP₂: ganancia diaria de peso a 60 días; XPCoc(g): peso cocinado; AOL: área del ojo del lomo; Gan_Tot: ganancia total del período; GDP₁: ganancia diaria de peso a 30 días; GDP₄: ganancia diaria de peso a 120 días; %merma: merma de la canal a 24 h *post mortem*.

Figure 1. Factor analysis of description of relationships between variables according to the treatment (energy level) and the racial component in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014. xFC: shear forcé (kg); P₂: 60 days live weight; P₃: 90 days live weight; G perirrenal: perirenal fat; GDP₂: daily weight gain to 60 days; XPCoc(g): cooked weight; AOL: loin eye area; Gan Tot: total income for the period; GDP₁: daily gain to 30 days; GDP₄: daily gain to 120 days; %merma: carcass depletion at 24 h *post mortem*.

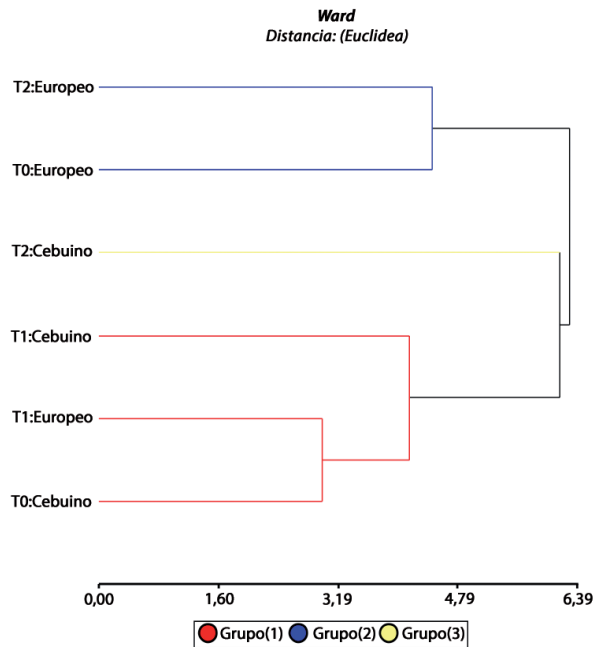


Figura 2. Agrupamiento de los conglomerados (según tratamiento utilizado para la suplementación de novillos en fase de finalización y componente racial), con base en el conjunto de variables analizadas, en la finca “La Vega” de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, Costa Rica. 2014.

Figure 2. Grouping of clusters as treatment and racial component based on the set variables analyzed in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Cuando se realizó el análisis de varianza multivariado para los conglomerados y las variables seleccionadas (Prueba de Hotelling $\alpha=0,05$), se encontraron diferencias entre conglomerados (Roy, $p=0,0107$) (Cuadro 8).

La variable fuerza de corte resultó ser superior ($p<0,05$) en el conglomerado dos, lo que indica que existe un factor genético condicionado a la suavidad de la carne y el factor energético es probable que no haya influido en los resultados, de manera tal que los animales con mayor cantidad de genes *Bos taurus* presentaron carnes más suaves respecto a los animales *Bos indicus* (Bidner et al., 2002; Cerdeño et al., 2005; Waritthitham et al., 2010)

Cuadro 8. Vector de medias del análisis multivariado para los conglomerados, según las variables evaluadas de las canales bovinas, en la finca “La Vega” de la Unidad de Ganado de Carne, de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional, San Carlos, Costa Rica. 2014.

Table 8. Mean vector of multivariate analysis to the clusters according the variables evaluated in cattle carcasses in “La Vega” beef cattle farm of the Agronomy School of Technological Institute of Costa Rica from the San Carlos Regional Headquarters located in Alajuela of Costa Rica. 2014.

Variables	Conglomerados		
	1	2	3
Tratamiento	T ₂ C	T ₂ E T ₀ E	T ₁ C, T ₁ E, T ₀ C
Diferencias (Roy, $p=0,0107$)	A	B	AB
Ganancia total, kg	1,04	1,12	0,93
P ₂ , kg	464,62	453,75	447,50
P ₃ , kg	464,62	453,75	471,25
GDP ₁ , kg	1,01	1,22	1,04
GDP ₂ , kg	1,20	1,18	0,93
GDP ₄ , kg	0,99 ^a	1,26 ^b	1,00 ^a
Grasa perirrenal, kg	8,08	6,89	8,10
Marmoleo, mm	3,33	3,64	3,14
AOL, cm ²	65,33 ^a	68,96 ^b	63,04 ^a
FC, kg/cm ²	7,38 ^a	6,22 ^b	9,81 ^a
Peso cocinado, g	150,7	152,28	137,89
Merma, %	26,87	27,48	28,14

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes ($p<0,05$) / Within a row means with different letter are significantly different (Bonferroni, $p<0,05$).

P₂: peso vivo 60 días; P₃: peso vivo 90 días; GDP₁: ganancia diaria de peso a 30 días; GDP₂: ganancia diaria de peso a 60 días; GDP₄: ganancia diaria de peso a 120 días; AOL: área del ojo del lomo; FC: fuerza de corte (kg); %merma: merma de la canal a 24 h post mortem / P₂: 60 days live weight; P₃: 90 days live weight; GDP₁: daily gain to 30 days; GDP₂: daily weight gain to 60 days; GDP₄: daily gain to 120 days; AOL: loin eye area; FC: shear force (kg); %merma: carcass depletion at 24 h post mortem.

T₂C: tratamiento dos en animales cebuinos (3,67 Mcal); T₂E: tratamiento dos en animales europeos (3,67 Mcal); T₀E: tratamiento base en animales europeos (3,2 Mcal); T₁C: tratamiento uno en animales cebuinos (3,4 Mcal); T₁E: tratamiento uno en animales europeos (3,4 Mcal); T₀C: tratamiento base en animales cebuinos (3,2 Mcal) / T₂C: zebu second treatment (3,67 Mcal); T₂E: european livestock second treatment (3,67 Mcal); T₀E: european livestock based treatment (3,2 Mcal); T₁C: zebu first treatment (3,4 Mcal); T₁E: european livestock first treatment (3,4 Mcal); T₀C: zebu based treatment (3,2 Mcal).

La variable AOL presentó los valores mayores ($p<0,05$) para el conglomerado dos. Esto coincide

con los reportado por Bidner et al. (2002) y Casas et al. (2009), quienes informaron que los animales *Bos taurus* alimentados con dietas energéticas y en pastoreo, tienden a ser superiores en cuanto a calidad de la canal con respecto a los animales *Bos indicus*; sin embargo, la selección genética para el área del ojo del lomo en estos últimos, puede aumentar significativamente los valores y mejorar otras características como la ganancia de peso y la grasa corporal, debido a las correlaciones genéticas (Zuin et al., 2012; Caetano et al., 2013).

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.
- AMSA (American Meat Science Association). 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association in cooperation with National Live Stock and Meat Board, Chicago, IL, USA.
- AMSA (American Meat Science Association). 2001. Meat evaluation handbook. American Meat Science Association (AMSA). IL, USA.
- Atencio-Valladares, O., N. Huerta-Leidenz, and N. Jerez-Timaure. 2008. Predicting beef carcass cutability in Venezuelan cattle. *Rev. Cient. (Maracaibo)* 18:704-714.
- Behrends, S.M., R.K. Miller, F.M. Rouquette Jr, R.D. Randel, B.G. Warrington, T.D.A. Forbes, T.H. Welsh, H. Lippke, J.M. Behrends, G.E. Carstens, and J.W. Holloway. 2009. Relationship of temperament, growth, carcass characteristics and tenderness in beef steers. *Meat Sci.* 81:433-438.
- Bidner, T.D., W.E. Wyatt, and P.E. Humes. 2002. Influence of brahman derivative breeds and angus on carcass traits, physical composition and palatability. *J. Anim. Sci.* 80:2126-2133.
- Brown, E.G., G.E. Carstens, J.T. Fox, M.B. White, R.D. Randel, and J.W. Holloway. 2004. Relationships between temperament and performance traits of growing calves. In: Texas A&M University, editor, *Beef Cattle Research in Texas*. The Texas A&M University System, TX, USA. p. 167-170.
- 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.
- Casas, E., R. Thallman, L.A. Kuehn, and L.V. Cundiff. 2009. Postweaning growth and carcass traits in crossbred cattle from hereford, angus, brangus, beefmaster, bonsmara, and romosinuano maternal grandsires. *J. Anim. Sci.* 88:102-108.
- Cerdeño, A., C. Vieira, E. Serrano, P. Lavín, and A. Mantecón. 2005. Effects of feeding strategy during a short finishing period on performance, carcass and meat quality in previously grazed young bulls. *Meat Sci.* 72:719-726.
- Cerino-Limón, G., R. García-Elizondo, R. López-Trujillo, J.M. Fuentes-Rodríguez y F. Ruiz-Zarate. 2012. Características del animal vivo relacionadas con los grados de calidad y rendimiento de la canal de novillos engordados en corral. *Agraria* 9(1):15-25.
- Chambaz, A., M.R.L. Scheeder, M. Kreuzer, and P.A. Dufey. 2003. Meat quality of angus, simmental, charolais and limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci.* 63:491-500.
- Chauychuwong, N., C. Kanthapanit, and P. Prucasri. 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 animals science research. The 35th annual conference*. Kasetsart University, Bangkok, THA. p. 288-297.
- Chizzotti, F.H.M., O.G. Pereira, S.C. Valadares Filho, M.L. Chizotti, R.T.S. Rodrigues, L.O. Tedeschi, and T.C. Silva. 2015. Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle? *Anim. Feed Sci. Technol.* 203:23-32.
- Choat, W.T., C.R. Krehbiel, G.C. Duff, R.E. Kirksey, L.M. Lauriault, J.D. Rivera, B.M. Capitan, D.A. Walker, G.B. Donart, and C.L. Goad. 2003. Influence of grazing dormant native range or wheat pasture on subsequent finishing cattle performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 81:3191-3201.
- Christall, B. 1994. Meat texture measurement. In: A.M. Pearson, and T.R. Dutson, editors, *Attributes and their measurement in meat poultry and fish products, advances in meat research*. Vol. 9. Springer US, NY, USA. p. 316-322.
- Contreras, S.A. 2005. Efecto de la suplementación con cereales y afrecho de soya en la engorda de novillos

- sobre las características de canal y calidad de carne. Tesis Lic., Universidad Austral de Chile, Valdivia, CHI.
- 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.
- Cowan, R., and F. Lowe. 1998. Tropical and subtropical grass management and quality. In: J.H. Cherney, and D.J.R. Cherney, editors, Grass for dairy cattle. CAB Int., Oxford, GBR. p. 101-135.
- Curi, R., L. Chardulo, J. Giusti, A. Silveira, C. Martins, and H. de Oliveira. 2010. Assessment of GH1, CAPN1 and CAST polymorphisms as markers of carcass and meat traits in *Bos indicus* and *Bos taurus*–*Bos indicus* cross beef cattle. Meat Sci. 86:915-920.
- del Campo, M., G. Brito, J.M. Soares de Lima, D. Vaz Martins, C. Sañudo, R. San Julián, P. Hernández, and F. Montossi. 2008. Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in uruguayan steers. Meat Sci. 80:753-760.
- Descalzo, A. M., E.M. Insani, A. Biolatto, A.M. Sancho, P.T. García, and N.A. Pensel. 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of argentine beef. Meat Sci. 70:35-44.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C.W. Robledo. 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, ARG. <http://www.infostat.com.ar> (consultado 10 set. 2014).
- French, P., E.G. O’Riordan, F.J. Monahan, P. Caffrey, M.T. Mooney, D.J. Troy, and A.P. Moloney. 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. Meat Sci. 57:379-386.
- Gallo, C., A. Apaoblaza, R. Pullido, y N. Jerez. 2013. Efecto de una suplementación energética en base a maíz roleado sobre las características de calidad de la canal y la incidencia de corte oscuro en novillos. Arch. Med. Vet. 45:237-245.
- García, P.T., N.A. Pensel, A.M. Sancho, N.J. Latimori, A.M. Kloster, M.A. Amigone, and J.J. Casal. 2008. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. Meat Sci. 79:500-508.
- Guedes, C. 2005. Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos. Dissertação Mestre, Universidade de São Paulo, BRA.
- Hall, N.L., D.S. Buchanan, V.L. Anderson, B.R. Ilse, K.R. Carlin, and E.P. Berg. 2011. Working chute behavior of feedlot cattle can be an indication of cattle temperament and beef carcass composition and quality. Meat Sci. 89:52-57.
- Huerta, N., N. Jerez, A. Rodas, E. Márquez, M. Arispe, y J. Rivero. 1997. Observaciones preliminares sobre el uso de tecnologías *postmortem* para mejorar la calidad de la carne de bovinos venezolanos de diferente tipo racial, condición sexual y edad. Rev. Científ. FCV-LUZ. 7:123-132.
- Indurain, G., T.R. Carr, M.V. Goñi, K. Insausti, and M.J. Beriain. 2009. The relationship of carcass measurements to carcass composition and intramuscular fat in Spanish beef. Meat Sci. 82:155-161.
- Jaturasitha, S., R. Norkeaw, T. Vearasilp, 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.
- Klee, G., y J. Chavarría. 2000. Engorda semi-intensiva de novillos hereford en el secano de la precordillera andina de la VIII región utilizando praderas no tradicionales. En: D. Alomar, editor, XXV Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA A.G.). SOCHIPA A.G., Punta Arenas, CHI. p. 123-124.
- 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.
- Kucsevska, C., y O. Balbuena. 2012. Suplementación de bovinos para carne: aspectos prácticos. INTA, ARG.
- Kurata, H., and P. Tarazaga. 2015. The cell matrix closest to a given Euclidean distance matrix. Lin. Algebra its Apl. 485:194-207.
- Latimori, N.J., A.M. Kloster, P.T. García, F.J. Carduza, G. Grigioni, and N.A. Pensel. 2008. Diet and genotype effects on the quality index of beef produced in the Argentine Pampean region. Meat Sci. 79:463-469.
- López, R., R. García, M. Mellado, and J. Acosta. 2002. Performance and carcass characteristics of Charolais and Beefmaster cattle fed with two sources of protein and two levels of bypass fat. Téc. Pec. Méx. 40:291-298.
- 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. Lobo. 2006. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em zebuínos: relevância econômica para mercados globalizados. Em: C.U. Magnabosco, editor, 5º 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.
- 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-Mazzuco, P.M. Corva, M. Irurueta, A. Rogberg-Muñoz, and M.C. Miquel. 2012. Genetic and management factors affecting beef quality in grazing hereford steers. *Meat Sci.* 92:768-774.
- 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* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. *Bra. Arch. Biol. Technol.* 46:609-616.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. NRC, WA, USA.
- Neel, J.P.S., J.P. Fontenot, W.M. Clapham, S.K. Duckett, E.D. Felton, G. Scaglia, and W.B. Bryan. 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I Animal performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 85:2012-2018.
- Nour, A.Y.M., and M.L. Thonney. 1987. Carcass, soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing types and serially slaughtered a wide weight range. *J. Agric. Sci.* 109:345-355.
- Oltjen, R.R., T.S. Rumsey, and P.A. Putman. 1971. All-forage diets for finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 32:327-333.
- Owens, F.N., D.R. Gill, D.S. Secrist, and S.W. Coleman. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73:3152-3172.
- Özlütürk, A., N. Tüzemen, M. Yanar, N. Esenbuga, and E. Dursun. 2004. Fattening performance, carcass traits and meat quality characteristics of calves sired by charolais, simmental and eastern anatolian red sires mated to eastern anatolian red dams. *Meat Sci.* 67:463-470.
- Paniagua, P.L., y D.A. Ocampos. 2013. Caracterización de la canal y calidad de la carne producida por cuatro categorías bovinos provenientes de dos sistemas de producción ganadera en Paraguay. *Invest. Agrar.* 10:23-33.
- Peña, F., C. Avilés, V. Domenech, A. González, A. Martínez, and A. Molina. 2014. Effects of stress by unfamiliar sounds on carcass and meat traits in bulls from three continental beef cattle breeds at different ageing times. *Meat Sci.* 98:718-725.
- Piedrafitá, J., R. Quintanilla, C. Sañudo, J.L. Olleta, M.M. Campo, B. Panea, G. Renand, F. Turin, S. Jabet, K. Osoro, M.C. Oliván, G. Noval, P. García, M.D. García, M.A. Oliver, M. Gispert, X. Serra, M. Espejo, S. García, M. López, and M. Izquierdo. 2003. Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the Southwest of Europe in their typical production systems. *Liv. Prod. Sci.* 82:1-13.
- Poder Ejecutivo. 2001. Decreto Ejecutivo N°29588-MAG-S, reglamento sanitario y de inspección veterinaria de mataderos, producción y procesamiento de carne. Diario Oficial La Gaceta, N° 20. San José, CRC.
- Pordomingo, A.J., O. Jonas, M. Adra, N.A. Juan, y M.P. Azcárate. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *Rev. Invest. Agropecu.* 31(1):1-22.
- Pordomingo, A.J., N.A. Juan, y A.B. Pordomingo. 2007. Relación entre el aumento de peso de novillos sobre verdeos de invierno y parámetros de calidad del verdeo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27:83-84.
- Pusineri, J., y D. Ocampos. 2004. Desempeño productivo de novillos cebuínos *Bos indicus* e híbridos *Bos taurus* x *Bos indicus* mantenidos bajo pastoreo rotativo de sorgo forrajero *Sorghum bicolor* L. Moench. *Invest. Agraria* 6:29-33.
- 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.
- Renand, G., and A.V. Fisher. 1997. Comparison of methods for estimating carcass fat content of young Charolais bulls in performance testing station. *Liv. Prod. Sci.* 51:205-213.
- Riera, T., A. Rodas, and C. Rodríguez. 2004. Growth traits and carcass weights of purebred brahman and F1 brahman x *Bos taurus* bulls raised and fattened semi-intensively on improved Savannah. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 12:66-72.
- Rodas-González, A., J. Vergara-López, L. Arenas, N. Huerta-Leidenz, and M. Pirela. 2006. Slaughter characteristics, carcass traits and cutability of criollo limonero steers fattened on pasture with supplementation regimes. *Rev. Cientif. FCV-LUZ* 16:364-370.
- Rodríguez, J., J. Unruh, M. Villarreal, O. Murillo, S. Rojas, J. Camacho, J. Jaeger, and C. Reinhardt. 2014. Carcass and meat quality characteristics of brahman cross bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. *Meat Sci.* 96:1340-1344.

- Rueda, S., L. Taborda, y H.J. Correa. 2006. Relación entre el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del Oriente Antioqueño. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 19:27-38.
- Sánchez, J. 2001. Valor nutritivo de algunos pastos tropicales en Costa Rica. Comunicación presentada en: Curso actualización en la nutrición del ganado lechero. 4 set. 2001. LANCE, Balsa, Atenas, CRC.
- Simões, J.A., J.F.F. Mira, J.P.C. Lemos, and I.A. Mendes. 2005. Dressing percentage and its relationship with some components of the fifth quarter in portuguese cattle breeds. *Liv. Prod. Sci.* 96:157-163.
- Staerfl, S.M., C.R. Soliva, F. Leiber, and M. Kreuzer. 2011. Fatty acid profile and oxidative stability of the perirenal fat of bulls fattened on grass silage and maize silage supplemented with tannins, garlic, maca and lupines. *Meat Sci.* 89:98-104.
- Tatum, J.D., B.J. Klein, F.L. Williams, and R.A. Bowling. 1988. Influence of diet on growth rate and carcass composition of steers differing in frame size and muscle thickness. *J. Anim. Sci.* 66:1942-1954.
- Teira, G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: la terneza. *Cienc. Docencia Tecnol.* 28:215-244.
- Tumwasorn, S., P. Prucasri, 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 animals science research. The 20th annual conference.* Kasetsart University, Bangkok, THA. p. 363-376.
- USDA (United States Department Agriculture). 1990. Official United States standars for grades of feeder cattle. meats, prepared meats, and meat products (grading, certificaton and standars). USDA, WA, USA.
- Vásquez, R., H. Ballesteros, y C. Muñoz. 2007. Factores asociados con la calidad de la carne: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 8(2):60-65.
- Vestergaard, M., M. Therkildsen, P. Henckel, L.R. Jensen, H.R. Andersen, and K. Sejrsen. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Sci.* 54:187-195.
- Ward, J.H. Jr. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58:236-244.
- Warithitham, A., C. Lambertz, H.J. Langholz, M. Wicke, M. Gauly. 2010. Assessment of beef production from brahman x thai native and charolais x thai native crossbred bulls slaughtered at different weights. II: Meat quality. *Meat Sci.* 85:196-200.
- Wood, J.D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In: J. Wiseman, editor, *Fast in animal nutrition.* Butterworths, London, GBR. p. 407-435.
- Wood, J.D., and F.J.M. Smulders. 1999. Animal nutrition and meat quality. In: F.J.M. Smulders, editor, *Veterinary aspects of meat production, processing and inspection; an update of recent developments in Europe.* ECCEAMST, Utrecht, HOL. p. 75-87.
- Zaman, M.S., Z. Mir, P.S. Mir, A. El-Meadawy, T.A. McAllister, K.J. Cheng, D. ZoBell, and G.W. Mathison. 2002. Performance and carcass characteristics of beef cattle fed diets containing silage from intercropped barley and annual ryegrass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 99:1-11.
- Zorzi, K., S.F.M. 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.
- Zuin, R.G., M.E. Buzanskas, S.L. Caetano, G.C. Venturini, D.G.F. Guidolin, D.A. Grossi, T.C.S. Chued, C.C.P. Paz, R.B. Lôbo, and D.P. Munari. 2012. Genetic analysis on growth and carcass traits in nellore cattle. *Meat Sci.* 91:352-357.

