



Calidad del canal y rendimiento cárnico de hembras cebú en sistemas de estabulación y pastoreo en San Carlos, Costa Rica

Carcass quality and yield performance of zebu female cattle finished in feedlot and grazing systems in San Carlos, Costa Rica

Alejandra Fernández-Quesada¹, Julio Rodríguez-González²

Palabras clave

Antioxidantes, calidad de canal, cebú, estabulado, pastoreo, rendimiento

Resumen

Con el objetivo de analizar el crecimiento, características y calidad de la canal de ganado cebú finalizado en sistemas de estabulación y pastoreo, se distribuyó 26 novillas *B. indicus* en tres tratamientos (T1: estabulado, T2: pastoreo rotacional (PR) + núcleo DF y T3: PR + suplemento Stella Beef®). A las novillas asignadas al T1 se les ofreció 25 kg/animal/día de una dieta compuesta por pasto Cuba OM-22, maíz molido, destilados de maíz, melaza, urea, silo-paca de pasto Massai (*Panicum maximum* cv. Massai) y núcleo DF. En el T2 y T3, las novillas consumieron exclusivamente pasto estrella (*C. nlemfuensis*); al T2 se ofreció 200 g mineral/animal y al T3 70 g/animal, ambos mezclados con 3,8 L melaza/día. Los grupos permanecieron en tratamiento durante 65 (T1) o 94 días (T2-T3) hasta alcanzar el acabado deseado por el productor. Las variables se analizaron bajo un diseño completamente al azar de efectos fijos con covariables como peso en planta de cosecha. Debido a la agrupación por peso al inicio del ensayo, el T1 presentó mayor GDP, peso en planta de cosecha, merma por transporte, peso de canal caliente y canal fría ($p < 0,05$); mientras que T2 y T3 se comportaron igual. En la composición de la canal, el T1 presentó menor desperdicio respecto al T2 o T3, y los superó en kilogramos de pescuezo, regiones delantera y central, recortes y tejido muscular ($p < 0,05$); la proporción que representó cada componente de la canal y la calidad general de las mismas fue similar en los tres tratamientos. Se concluyó que el desempeño del T1 fue superior respecto a crecimiento *in vivo* y rendimiento de la canal; además, las variaciones en la cantidad de antioxidantes en dieta bajo un mismo sistema de alimentación (T2-T3) no demostraron efecto sobre las variables evaluadas; por otro lado, la calidad de las canales producidas por esta finca fue consistente a pesar de producirse en sistemas de alimentación diferentes.

Key words

Antioxidants, carcass quality, zebu cattle, feedlot, grazing, yield..

Abstract

In order to analyze live growth and carcass characteristics of zebu heifers finished in feedlot and grazing systems, 26 Brahman heifers were distributed in three treatments (T1: feedlot, T2: rotational grazing with DF minerals and T3: rotational grazing with Stella Beef® nutritional supplement). A 25 kg/animal ration of a diet composed by Cuba OM-22 grass, ground corn, distillers dried grain with solubles, molasses, urea, Massai grass (*Panicum maximum* cv. Massai) silage and DF minerals, was given daily to T1. T2 and T3 exclusively consumed African Star grass (*C. nlemfuensis*) during their stay on the farm; the amount of mineral offered per day to T2 was 200 g/animal and for T3 70 g/animal, both rations were mixed with 3,8 L molasses/day. The groups remained in treatment for 65 (T1) or 94 days (T2-T3) until reaching the desired body condition by the producer. Data analysis was carried out under a completely randomized design of fixed effects, with covariates such as harvest plant weight. Due to the initial classification of the groups T1 showed the highest average daily gain, harvest plant weight, losses due to transport, hot carcass weight and cold carcass weight ($p < 0,05$); while T2 and T3 behaved the same. Referring to carcass composition, T1 had less kilograms of waste compared to T2 or T3, and had more chuck, front and central regions, trimmings, and muscle tissue ($p < 0,05$); the proportion that each component represented on the carcass and overall carcass quality were similar for all treatments. It was concluded that growth and carcass yield were better in T1; besides that, variations in the amount of antioxidants on diet under the same feeding system (T2-T3), showed no inderence on the evaluated variables; finally it was noticed that carcass quality was consistent for this farm, even when they were obtained from different feeding systems.

1 Ing. Agrónomo. Jefe de Finca CIISA-Costa Rica.

✉ alejandra.fernandez@grupociisa.com

2 Ing. Agrónomo. Gerente de Ganadería CR-Nic. CIISA. julio.rodriguez@grupociisa.com. Profesor, Escuela de Agronomía ITCR, jurodriguez@tec.ac.cr



Introducción

El ganado vacuno es la especie productiva más abundante de Costa Rica, concentrándose la mayor cantidad del hato en San Carlos [1]. A pesar de su importancia económica en el país, la ganadería de carne se caracteriza por ser extensiva y manejada con poca tecnología; debido a ello el suelo se ha degradado, elevando costos de producción y reduciendo la rentabilidad del sistema [2, 3]. Ante la necesidad de producir una mayor cantidad de producto, de la mejor calidad y con la menor cantidad de recursos, la ganadería de carne enfrenta críticas debido a la contaminación, deforestación y exceso de recursos naturales utilizados; además, el consumidor ha elevado sus expectativas y paulatinamente exige carne de mejor calidad [4]. Por lo anterior, es necesario promover sistemas que ofrezcan más y mejor producto de manera sostenible, colocando al pastoreo intensivo como una de las principales alternativas en Costa Rica [5]. Si bien los sistemas de estabulación producen animales más pesados en menor tiempo, el pastoreo tiene gran potencial para generar buen rendimiento en canal y carnes más saludables para el consumo humano [6, 7].

En Costa Rica, el 96% de las fincas ganaderas utilizan el pastoreo como principal sistema de producción [8]. Ganadera Don Fernando, empresa pecuaria con centro de operación en La Fortuna de San Carlos, ha utilizado sistemas de estabulación y pastoreo rotacional con suplemento en canoa para el engorde de los animales [7]. Como parte de su compromiso de mejora continua y debido a las exigencias del consumidor por adquirir carne saludable y producida de manera sostenible, la empresa ha decidido investigar los beneficios de los sistemas de pastoreo sin suplementación o “Grass-fed”, aunque con aporte variado de vitaminas y minerales.

Considerando lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar el crecimiento, características y calidad de la canal de hembras de ganado cebú finalizado en sistemas de estabulación y pastoreo en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.

Materiales y métodos

El engorde de los animales se ejecutó en dos fincas, una ubicada en La Fortuna de San Carlos

(10°27'10"N; 84°37'43"O) a 230 msnm, donde se mantuvo el sistema de estabulación, y la otra en El Tanque de La Fortuna, San Carlos, Alajuela (10°29'24"N; 84°34'57"O) a 115 msnm, donde se ubicaron los sistemas de pastoreo. La distancia entre fincas fue 6,4 km lineales aproximadamente.

Ambas locaciones pertenecen a la zona de vida *Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal* (bmh-TB) con periodo seco de dos meses al año, 4000 mm de precipitación anual y suelos inceptisoles [9]. Durante el engorde, la temperatura se mantuvo entre 23,9°C y 27,3°C; la radiación mínima fue de 6,4 MJ/m² y la máxima de 23,1 MJ/m²; la velocidad del viento varió entre 0,9 m/s y 1,8 m/s, la humedad relativa fue de 82,0% a 97,7% y la precipitación acumulada fue 774 L/m², según los valores reportados por la estación meteorológica ADIFORT - La Fortuna, del Instituto Meteorológico Nacional, para el año 2020.

El engorde se prolongó 65 o 94 días según el sistema evaluado, iniciando en marzo del 2020 y finalizando en junio del 2020. La cosecha se realizó en la planta de procesamiento El Arreo, en San Antonio de Belén, Heredia (9°59'47"N; 84°10'46"O).

La población muestreada fueron hembras bovinas cebú con diferente proporción de encaste Brahman (*Bos indicus*) adquiridas en fincas de la Región Chorotega y subastas de la Región Huetar Norte, Huetar Atlántica y Pacífico Central de Costa Rica. Se procuró que no presentasen gestación al momento de compra, que tuvieran entre cero y dos dientes incisivos permanentes y peso en finca entre 275 a 360 kg. El área experimental fue de 26 hembras bovinas. Cada individuo correspondió a una repetición o unidad experimental para un total de 26 unidades experimentales distribuidas en tres tratamientos. Se efectuó el mismo manejo sanitario durante la estancia en finca: el día de ingreso se aplicó vacuna contra clostridiosis y tétano (5 mL Clostrisan® 9+T/animal; Virbac), antiparasitario (1 mL Baymec® Prolong/50 kg de peso, Bayer S.A.) y reconstituyente, suplemento vitamínico y mineral (2 mL Olivitasan® Plus/100 kg de peso, Ale-Bet).

Una vez registrado el peso de ingreso, las unidades experimentales se asignaron a los tratamientos según las categorías de la finca. El T1 se compuso por 10 animales de 335,8 ± 19,7 kg de peso promedio y los restantes se dispusieron al azar para conformar dos grupos de ocho animales cada uno con peso promedio de 297,5 ± 16,2 kg.

El T1 consistió del confinamiento permanente en un corral techado de 120 m². El recinto se mantuvo con 22 animales para lograr el máximo aprovechamiento del área. La dieta se compuso por silopaca de pasto Massai (*Panicum maximum* cv. Massai), pasto de corta Cuba OM-22 (*Penisetum purpureum* × *Penisetum glaucum*), maíz molido, destilado de maíz, melaza, urea y suplementación mineral formulada para la empresa; los animales se alimentaron dos veces al día, a razón de 25 kg/animal/día.

Los tratamientos T2 y T3 consistieron en sistemas de pastoreo intensivo con diferente suplementación mineral. Los grupos se mantuvieron en áreas separadas, para lo cual se destinó 25 apartos de 400 m² cada uno; los días de ocupación y descanso por lote fueron tres y 30 respectivamente. La pastura predominante fue estrella africana (*Cynodon nemfluensis*). La suplementación mineral se suministró una vez al día, en mezcla con melaza (3,75 L/animal) a razón de 200 g suplemento/animal (T2) o 70 g suplemento/animal (T3). Al T2 se le ofreció el mismo mineral que al T1 y el T3 recibió el suplemento Stella Beef® (Bayer S.A.).

Una vez los animales alcanzaron el acabado deseado por el productor, el tratamiento correspondiente se destinó a cosecha. La estancia en finca del T1 fue 65 días y tanto para T2 como T3 fue de 94 días.

En la etapa de engorde se midió el peso de ingreso (PIF) y el peso de salida (PFF), ambos pesajes se realizaron en horas de la tarde y se ejecutaron en una romana del corral de trabajo. Con estos valores se calculó la ganancia de peso diaria (GPD) como la diferencia de PFF y PIF dividida entre los días en finca. Se determinó la edad aproximada del animal con base en su dentición, para ello se contabilizó los dientes incisivos permanentes en la mandíbula inferior. Para estimar la edad en meses se utilizó la guía del Proyecto de Clasificación de Canales Bovinas [10].

Para la etapa de cosecha, los animales se transportaron alrededor de 120 km hacia la planta de sacrificio. Al llegar permanecieron en corrales con acceso al agua hasta completar un ayuno total cercano a 22 horas. En la sala de sacrificio, los animales fueron insensibilizados con perno cautivo no penetrante en la zona central del cráneo, en el punto medio entre los ojos y la inserción del cuerno opuesto. Se colgaron de la extremidad

posterior izquierda para el degüello, se sometieron a estimulación eléctrica por 20 segundos (21 V / 0,25 A; Jarvis, mod. ES-4), y se les despojó de cabeza, cuero y extremidades a la altura de carpos y tarsos.

Las variables medidas en la etapa de cosecha fueron las siguientes:

- Merma por transporte: previo al sacrificio se registró el peso individual o peso en pie en planta (PPP) en la balanza de la manga de preaturdimiento. La merma por transporte (%) fue el cociente del PPP entre el PFF.
- Dentición: se contabilizó los dientes incisivos en la cabeza de cada animal.
- Grado muscular y grasa de cobertura: ambas se estimaron visualmente con la guía fotográfica de CORFOGA [11] para asignar el grado de cobertura grasa, conformación muscular y color de grasa subcutánea de las canales.
- Peso de canal caliente y Rendimiento pie/canal: se registró el peso de la canal caliente (PCC) con una balanza electrónica de la línea de producción. El rendimiento pie/canal (RPC %) se obtuvo del cociente entre PCC y PPP.
- Área del ojo del lomo (AOL, en cm²): las medias canales derechas se trasladaron al cuarto frío (10°C) y se irrigaron con agua en intervalos de 30 segundos durante cuatro horas. A las 48 horas *post mortem* se cortó de forma transversal entre la 12^{va} y 13^{va} costilla para exponer el músculo *Longissimus dorsi* (LD) [12]. Para el cálculo de esta variable, se colocó la plantilla aprobada por USDA [13] sobre la mayor parte de la superficie de músculo expuesto, se contó los puntos en contacto con el músculo. El área resultante se dividió entre 10 y se multiplicó por 6,452.
- Marmoleo: se calificó esta variable con base en la escala de referencia de USDA [14].
- Temperatura y pH a 48 horas *post mortem*: ambas variables se midieron sobre la superficie del músculo LD, con un medidor portátil (HI 99163, Hanna Instruments). El extremo de acero inoxidable se insertó de manera perpendicular en el centro del músculo a 3,5 cm de profundidad [15].

- Espesor de grasa dorsal: se registró el grosor de la grasa de manera perpendicular a la superficie del músculo LD, a tres cuartas partes de la longitud desde el extremo distal al hueso, con una regla graduada [12].
- Merma de la canal en frío: previo al deshuese de la canal (48 horas *post mortem*) se registró el peso de la media canal derecha en frío (PCF) con una balanza electrónica. Se calculó la merma respecto al PCC, como la diferencia entre el PCF menos PCC/2 dividido entre el PCF multiplicado por 100.
- Composición de la canal: la media canal derecha fue deshuesada por personal capacitado en tejidos muscular, graso y óseo. El tejido muscular se seccionó de acuerdo con Rodríguez [15] y se pesó cada corte. Los recortes provenientes de cualquier otra parte de la canal (BSCH) se pesaron por aparte, dicha materia prima es utilizada para la generación de carne molida. Se pesó el hueso desprovisto de tejido muscular y conectivo (tejido óseo). Se retiró la grasa excedente de los cortes ofrecidos al mercado y esta se pesó (tejido graso). Se consideró desperdicio a los ligamentos y tendones, los cuales son descartados para la venta. Se determinó la participación de cada tejido en la composición de la canal mediante el cociente de su peso entre el PCF de la media canal derecha. Todos los pesajes se realizaron en una balanza digital (Super-SS-15 ± 0,05 kg).

El conjunto de variables se analizó bajo un diseño completamente al azar de efectos fijos, con

covariables como peso vivo, días en finca, peso final en planta de cosecha y cronometría dentaria inicial o final. Se comparó las medias de los tratamientos mediante modelos generales lineales y mixtos con corrección de heterocedasticidad usando la función *varldent* en las variables merma de la canal en frío, temperatura y kilogramos o porcentajes de algunos cortes. Las diferencias entre tratamientos se determinaron con la prueba de comparación múltiple DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) con nivel de significancia 0,05. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat/P [16].

Resultados y discusión

El peso vivo inicial, la cronometría dentaria y los días en finca no mostraron efecto significativo en la mayoría de variables evaluadas ($p > 0,05$) al ser usadas como covariables en el análisis de la varianza.

Etapa de engorde

Se encontró diferencias significativas entre tratamientos para las tres variables evaluadas en finca (peso de ingreso, peso de salida y ganancia de peso diaria) ($p < 0,05$). De manera general, los tratamientos aumentaron $84,8 \pm 14,2$ kg en la etapa de engorde, suficiente para conferirles condición corporal y peso de cosecha estándar para la finca. La clasificación inicial de los animales agrupó los más pesados en el T1, tratamiento con menor estancia en finca (65 vs 94 días) y que resultó con peso de salida (PFF) y ganancia de peso diaria (GDP) superior (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables de crecimiento en hembras de ganado cebú finalizado en sistemas de estabulación y pastoreo. San Carlos, Costa Rica.

Table 1. Growth variables of zebu females cattle finished in feedlot and grazing systems. San Carlos, Costa Rica.

Variable	p-valor	Tratamiento (Media ± E.E.)		
		T1	T2	T3
Peso de ingreso (kg)	0,0001	335,80 ± 6,25 a	300,50 ± 6,74 b	294,63 ± 4,76 b
Peso final finca (kg)	0,0002	424,00 ± 5,86 a	383,62 ± 8,37 b	377,75 ± 8,47 b
GDP (kg/animal/día)	<0,0001	1,35 ± 0,06 a	0,88 ± 0,03 b	0,88 ± 0,07 b

Filas con letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según la prueba DGC.

El PFF en los tres tratamientos fue superior a los 375,6 kg reportados como promedio en Costa Rica para hembras bovinas al final del ciclo de engorde [17]. Además, dos de los tratamientos (T2, T3) se ubicaron dentro del rango de 350 a 400 kg propuesto por Pérez [18] o lo superaron (T1). Respecto a la GDP los tratamientos evaluados, especialmente el T1, superaron el promedio de Ducca *et al.* [19] para la zona norte de Costa Rica ($\leq 0,9$ kg/animal/día en estabulación y $\leq 0,8$ kg/animal/día en pastoreo). Rodríguez *et al.* [20] registraron en promedio 1,09 kg/animal/día; mientras que Ramírez *et al.* [21] registraron 1,04 kg/animal/día al comparar sistemas de pastoreo con suplementación de 3,2 - 3,4 o 3,67 Mcal ED/kg MS en Brahman o F1 (Brahman \times Charolais) castrados.

A pesar de no contar con análisis bromatológicos, a partir de la GDP obtenida en este ensayo, se infiere que la dieta T1 fue superior proteica o energéticamente a las utilizadas por Rodríguez [15] y Ramírez *et al.* [21]. Además, los parámetros de GDP y PFF referidos por Ducca *et al.* [19] pueden considerarse desactualizados y en desventaja, debido al actual mejoramiento genético y dietas que permiten alcanzar mejores tasas de conversión. Para maximizar la brecha, los sistemas de pastoreo pueden migrar hacia forrajes y otras especies que permitan la máxima producción de kilos de carne/ha, destacando los bancos energéticos como caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y/o proteicos como botón de oro (*Tithonia diversifolia*), morera (*Morus sp.*) y cratylia (*Cratylia argentea*) [22, 23].

Salas y Rodríguez [24] indican que la testosterona promueve el desarrollo muscular y la tasa de crecimiento, explicando así diferencias en variables de crecimiento como PFF o GDP que pueden presentarse entre animales con diferente condición sexual. Empero, Rodríguez [15] menciona la ventaja ofrecida por los andrógenos en la deposición de músculo y cómo la GDP se reduce al ofrecer dietas marginales, validando esta afirmación al no encontrar diferencias en la GDP o kilogramos de carne vendible entre toros y novillos de diferentes razas engordados en pastoreo con suplementación, dado que los forrajes ofrecidos fueron principalmente gramíneas naturalizadas (semejantes a la ofrecida al T2 y T3) conocidas por su baja calidad nutritiva. A partir de lo anterior, estudiar si la tasa de crecimiento entre machos y hembras se comporta similar en las condiciones

de pastoreo típicas de la zona norte de Costa Rica, podría ofrecer información relevante al productor de carne regional.

Por otra parte, se reconoce que los minerales contribuyen a un mejor desarrollo de los animales de engorde, debido a las funciones que ejercen en el organismo. Micro minerales como Zn, Mn, Cu y I se asocian principalmente a procesos energéticos [25, 26], lo que sugiere beneficios en parámetros de crecimiento. Específicamente, el yodo regula índices de energía metabólica, al ser componente esencial de las hormonas tiroideas Tiroxina y Triiodotiroxina; el manganeso es un componente de enzimas con función energética, el zinc también es componente enzimático y además potencia el sistema inmune, activa procesos inherentes al metabolismo de proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos y es reconocido por su efecto antioxidante [25, 27].

A pesar de lo anterior, y las diferencias que presentaron los suplementos ofrecidos al T2 y T3 en algunos minerales y vitaminas (Anexo 1), ambos tratamientos se comportaron de manera similar respecto a las características referidas en el Cuadro 1. A partir de ello surgen dos hipótesis, la primera es que las cantidades entre ambos suplementos no fueron suficientes para promover cambios en PFF o GDP; y la segunda se asocia a la ley de mínimos (Martín *et al.* 1978 citado por [15], donde una base energética pobre como la ofrecida en los sistemas de pastoreo típicos en la región, podría condicionar los aportes de suplementos como los ofrecidos al T2 y T3. Sin embargo, para aceptar cualquiera de las dos hipótesis sugeridas es necesario ejecutar más investigación al respecto.

Etapa de cosecha

El análisis no mostró efecto del peso inicial sobre ninguna característica de rendimiento, calidad o composición de canal ($p < 0,05$). En concordancia, do Carmo *et al.* [27] concluyeron que el peso inicial no es una covariable que afecte las características de composición de canal.

Variables de rendimiento de la canal

El peso pie planta (PPP), la merma por transporte, el peso de canal caliente (PCC) y el peso de la media canal fría (PCF) presentaron diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$), siendo semejantes entre T2 y T3 y superiores para T1. En cambio, no

hubo diferencias ($p > 0,05$) en el rendimiento pie/canal (RPC), merma en frío y área del ojo del lomo (AOL) (Cuadro 2). Es de esperar que al presentar similar RPC (%), los resultados de PCC siguieran la misma tendencia que el PPP. La misma situación ocurrió con el PCF, al ser la merma por frío (%) similar entre tratamientos.

Genther *et al.* [28] no encontraron diferencias en parámetros de crecimiento ni rendimiento de la canal al ofrecer diferentes fuentes y proporciones de Zn en ganado con ascendencia Angus y sugieren que el peso final, tamaño de los animales y la dosis utilizada pueden enmascarar el efecto de la suplementación, razón que puede explicar por qué no hubo diferencia entre T2 y T3 a pesar de suplementarse con diferente proporción de minerales. Así, animales jóvenes y más pesados que los del presente estudio podrían responder diferente en algunas características de la canal ante la suplementación mineral [28]. En este ensayo las diferencias entre los pesos registrados no se pueden atribuir a la suplementación con diferente cantidad de minerales o el sistema de producción, sino a la clasificación inicial de los animales por peso. Era esperable que los animales que ingresaron a la finca más pesados (T1) presentaran también mayores valores de PFF, PPP, PCC y PCF debido a que los rendimientos en hembras varían muy poco, tal como se ejemplifica más adelante y como se afirmó con los resultados obtenidos.

Respecto al PPP los tratamientos superaron el promedio nacional de 308,4 kg reportado por CORFOGA [10] para hembras bovinas con la misma edad dentaria que las del presente ensayo (cero dientes incisivos). Las hembras bovinas generalmente presentan menor peso al sacrificio que los machos debido a las ventajas hormonales que ofrecen los andrógenos y como consecuencia, también las hembras presentan menor peso en canal y kilogramos de carne vendible. Por lo anterior, sería inexacto comparar los valores obtenidos en este ensayo respecto a otros que hayan utilizado machos.

Los bovinos tienen capacidad de almacenar entre 30 y 40 kg de heces en su tracto digestivo, por lo tanto, la evacuación de materiales durante el transporte y el estrés que genera la espera en corrales previo a la cosecha suponen pérdidas de peso [29]. El rango de merma por transporte registrado en otros estudios costarricenses para

bovinos de carne ronda entre 7,1% y 8,8% del PFF [24, 30, 31, 32]. No existe evidencia de que los animales finalizados en estabulación presenten más pérdidas por transporte que aquellos de pastoreo [30, 33].

En este ensayo T2 y T3 se mantuvieron en el rango normal de merma por transporte al perder en promedio 7,8% (30 kg) del PFF, sin embargo el T1 estuvo muy por encima con 11,1% (47,2 kg). La diferencia entre tratamientos puede atribuirse al periodo de ayuno de los animales cuando fueron pesados en finca, al T1 se le suministró una ración de alimento aproximadamente seis horas previo al pesaje y así el vaciado intestinal fue mayor respecto a T2 - T3.

Como se discutirá más adelante, las canales presentaron pH normal a las 48 horas *post mortem*, por lo que alimentar justo antes al egreso de la finca puede suponer un costo económico para la empresa que no asegura la superioridad en calidad respecto al sistema de pastoreo. Pese a ello, Perry *et al.* 2001 citado por Quirós [32] no recomiendan prolongar el ayuno por más de 48 horas previo a la cosecha, ya que periodos extensos de ayuno pueden repercutir en la calidad de la carne y rendimiento pie/canal.

El rendimiento pie/canal también puede afectarse por el tipo de dieta, el peso de la cabeza, cuero y vísceras [33]. Sin embargo, uno de los factores más influyente sobre este es el sexo, al ser generalmente los novillos y hembras quienes se desempeñan mejor [10]. En Costa Rica, las hembras bovinas con cero dientes incisivos permanentes presentan rendimientos pie/canal de 51% a 53,3% [17, 18, 19]. Bolaños [7] determinó para la misma finca rendimientos entre 54,1% y 55,4%, muy similares al promedio del presente (54,2%).

En Costa Rica, el PCC de hembras con cero dientes incisivos permanentes ronda los 171 kg [10] y en este ensayo los tres tratamientos lo superaron. Pordomingo *et al.* [34] registraron PCC entre 236 kg y 194,5 kg en hembras Angus suplementadas con 60% y 0% de grano respectivamente, ambos superiores que lo observado en el Cuadro 2. Entre ambos estudios, la diferencia radicó en las razas y alimentación ofrecida, al utilizar Pordomingo *et al.* [34] un forraje de clima templado y de mejor calidad, y señalan que las canales de animales alimentados con dietas más energéticas producen canales más pesadas. En este caso, para evaluar el verdadero

Cuadro 2. Variables de la canal *ante y post mortem* de hembras de ganado cebú engordado en sistemas de estabulación y pastoreo. San Carlos, Costa Rica.

Table 2. Ante and post mortem carcass variables of zebu females cattle finished in feedlot and grazing systems. San Carlos, Costa Rica.

Variable	p-valor	Tratamiento (Media \pm E.E.)		
		T1	T2	T3
Peso pie planta (kg)	0,0067	376,80 \pm 5,30 a	355,75 \pm 6,89 b	345,50 \pm 7,66 b
Merma por transporte (%)	<0,0001	11,13 \pm 0,31 a	7,22 \pm 0,44 b	8,53 \pm 0,43 b
Peso de la canal caliente (kg)	0,0082	206,55 \pm 4,36 a	189,81 \pm 3,87 b	188,43 \pm 4,34 b
Rendimiento pie/canal (%)	0,3679	54,80 \pm 0,77	54,57 \pm 0,59	53,37 \pm 0,81
Merma de la canal en frío (%)	0,2378	0,34 \pm 0,19	0,77 \pm 0,17	0,35 \pm 0,36
Peso media canal fría (kg)	0,0090	103,64 \pm 2,23 a	95,65 \pm 1,96 b	94,53 \pm 2,03 b
Área del ojo del lomo (cm ²)	0,0964	55,20 \pm 1,42	50,51 \pm 1,59	52,64 \pm 1,45

Filas con letra en común o sin letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según la prueba DGC.

efecto entre el sistema de estabulación o pastoreo se recomienda evaluar grupos con igual rango de peso, para así tener una mejor comparación entre cada sistema de alimentación.

Respecto a la merma en canal, las medias canales frías ganaron en promedio 0,48% respecto al peso en caliente; específicamente el T1 aumentó 0,36 kg, el T2 0,74 kg y el T3 0,31 kg. La media para esta variable fue menor que la de Torrescano *et al.* [35] en una planta de cosecha en Sinaloa, México, donde hubo de 1,3% a 2% de pérdidas respecto al PCC. Otros autores en Costa Rica no han encontrado diferencias entre tratamientos para esta variable, aunque sí registraron pérdida de peso respecto a la canal caliente. Entre ellos, Quirós [32] en canales de terneros Brahman cosechados de seis y ocho meses de edad (1,7%); Salas y Rodríguez [24] en toretes y novillos (2,1%) y Aguilar [31] en novillos Brahman engordados en pastoreo y suplementados con diferente proporción de destilados de maíz (1,9%). Rubio *et al.* [36] indican que el porcentaje de merma de la canal caliente a fría es normal entre 1% y 2% en las primeras 24 a 58 horas de refrigeración. Alves 2007 citado por Quirós [32] destaca que una menor merma por frío supone un manejo y almacenamiento adecuado de la canal.

Los sistemas de enfriamiento y la humedad relativa en las cámaras de frío pueden variar y por lo tanto

repercutir sobre la merma por frío [36, 37]; algunas industrias irrigan por aspersión las canales con el objetivo de reemplazar la humedad perdida por evaporación y maximizar el rendimiento canal caliente a canal fría [37]; sin embargo, los protocolos de irrigación no son estandarizados en las plantas de cosecha de Costa Rica [32]. La irrigación ejecutada en este ensayo explica por qué en lugar de perder, las canales aumentaron de peso y presentaron valores distintos respecto a los autores mencionados. A pesar del beneficio que ofrece esta metodología sobre el rendimiento de la canal, Savell *et al.* [37] aclaran que al ser mal aplicada puede repercutir en la calidad de la carne, factor importante a considerar por la empresa en estudio debido a su mercado exclusivo. El exceso de agua aplicada por irrigación se acumula en espacios superficiales de los tejidos graso o muscular y eventualmente escapar como purga durante la maduración del producto, lo cual reduce el rendimiento cárnico y puede incidir sobre la jugosidad y suavidad de la carne [37]. Por otro lado, Quirós [32] añade que a pesar de aplicar irrigación, si existe poca grasa de cobertura no se observarán los beneficios asociados al rendimiento de la canal, tal como lo demostró la autora al registrar pérdidas de 1,7% en canales animales no engrasados.

En este ensayo a pesar de existir un tratamiento con mayor peso vivo y alimentación más energética (T1), no se registró diferencia en el área del ojo del lomo (AOL) respecto a T2 y T3, ni entre tratamientos con igual base forrajera y diferente suplementación mineral (T2-T3). Se observó que el sexo, la raza, la edad y la alimentación fueron factores con efecto sobre esta variable, como lo señala Correia *et al.* [38]; así, animales con influencia de *B. taurus*, toros, adultos y los alimentados con dietas altamente energéticas, tienden a desarrollar mayor AOL. En general, el resultado de esta variable superó al de Quirós [32] en terneros Brahman de seis meses de edad (43,5 cm² vs. 52,8 cm²) y fue inferior al de Rodríguez *et al.* [20] en novillos Brahman de aproximadamente 25 meses de edad (66 cm²). Ramírez [30] señala que la fuente de energía en la dieta (específicamente una que incluya pocos carbohidratos fibrosos) podría tener un efecto positivo sobre el AOL, especialmente si el componente genético tiende al *B. taurus*. A pesar de la evidencia, Ramírez [30] únicamente encontró diferencias numéricas entre razas Brahman (63,7 cm²) o Charolais (68,9 cm²) y no debido a la suplementación, atribuyéndolo a la inclusión de carbohidratos fibrosos en las dietas. Por el contrario Pordomingo *et al.* [34] encontraron diferencias entre AOL de hembras Angus engordadas con 100% heno de alfalfa (55,7 cm²) versus hembras engordadas a pastoreo (alfalfa fresca) y/o con diferente proporción de heno de alfalfa + grano (65,5 cm² en promedio).

En este ensayo, el componente genético también pudo influenciar el AOL respecto a otros autores que evaluaron animales con ascendencia *B. taurus*. Por ejemplo, Pordomingo *et al.* [34] en hembras Angus cosechadas de 10,5 meses presentaron mayor AOL respecto al presente (52,8 cm² vs. 65,5 cm²). Además, en machos Crouse *et al.* [39] determinaron AOL superiores en la raza Pinzgauer (*B. taurus*) respecto a Brahman o Sahiwal (*B. indicus*) (76,6 cm² vs. 69,5 cm² y 67,3 cm² respectivamente) y observaron que los cruces presentaron mayor AOL que las razas puras, entre ellos el $\frac{3}{4}$ Pinzgauer (79,5 cm²) y $\frac{3}{4}$ Brahman (70,1 cm²).

Por otra parte, Correia *et al.* [38] indican que el AOL tiene relación positiva con el rendimiento de cortes de elevado valor comercial. Determinar el rendimiento de carne vendible de una canal a partir de variables medidas en planta de cosecha

es posible mediante ecuaciones que predigan la producción mínima de carne de una canal; para ello CORFOGA [10] señala que se pueden utilizar el PCC y el grado de conformación muscular. Empero, hacer uso de variables objetivas y medibles como el AOL, la edad dentaria o el sexo podrían ofrecer mayor seguridad e información relevante al carnicero respecto al rendimiento de carne vendible [10].

Variables asociadas a la calidad de la canal

El Cuadro 3 detalla los resultados obtenidos en las variables relacionadas a calidad de la canal. Respecto a la cronometría dentaria inicial y final no hubo diferencias ($p > 0,05$) entre tratamientos; los animales presentaron entre cero y dos dientes incisivos permanentes tanto al inicio como al final del ensayo, lo cual corresponde con animales jóvenes menores de 24 meses de edad [10]. La cronometría dentaria final clasificó los tres tratamientos en el 15% de novillas destinadas a carne que presentan dos dientes incisivos permanentes en Costa Rica, con un porcentaje de madurez inferior a 69% para la raza Brahman [40].

Algunas variables presentadas en el Cuadro 3 se utilizan en países como Estados Unidos, Australia, Paraguay, Chile, Japón, Brasil, Argentina y México para definir la calidad de las canales bovinas; sin embargo, cada uno tiene estándares diferentes dentro de su sistema de clasificación de canales, los cuales pueden diferir incluso entre plantas de cosecha en un mismo país, si no son de uso obligatorio [41], por lo que sería inexacto comparar los valores obtenidos en este ensayo con otros que utilizaron metodologías diferentes a las descritas para evaluar estas variables.

El grado muscular (GM), la grasa de cobertura (GC) y el color de la grasa subcutánea no presentaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 3). CORFOGA [10] indica que en Costa Rica los factores que mejor explican los cambios en esas variables son el sexo y la alimentación; sin embargo, en el presente estudio únicamente se observó cambios numéricos entre tratamientos a pesar de ser alimentados y suplementados de manera diferente. En Costa Rica, únicamente el 0,4% de las canales de hembras bovinas clasifica en el mejor GM (GM 1). El promedio observado en esta variable (2,8) ubica a los tratamientos en el 17% de hembras que presentan GM 2 y cerca del 66% con

Cuadro 3. Variables de calidad de la canal medidas en hembras de ganado cebú engordado en sistemas de estabulación y pastoreo. San Carlos, Costa Rica.

Table 3. Carcass quality variables measured of zebu females cattle finished in feedlot and grazing systems. San Carlos, Costa Rica.

Variable	p-valor	Tratamiento (Media \pm E.E.)		
		T1	T2	T3
Dentición inicial (u)	0,9660	0,60 \pm 0,30	0,50 \pm 0,32	0,50 \pm 0,32
Dentición final (u)	0,6496	1,20 \pm 0,32	1,25 \pm 0,36	0,75 \pm 0,52
Grado muscular (u)	0,2269	2,70 \pm 0,15	3,00 \pm 0,00	2,87 \pm 0,12
Grado de cobertura grasa (u)	0,4333	1,40 \pm 0,16	1,12 \pm 0,12	1,37 \pm 0,18
Color de grasa de cobertura (u)	0,1218	1,10 \pm 0,10	1,50 \pm 0,18	1,50 \pm 0,18
Espesor de la grasa dorsal (cm)	0,8965	0,39 \pm 0,08	0,45 \pm 0,11	0,41 \pm 0,06
Temperatura 48 h <i>postmortem</i> (°C)	<0,0001	0,83 \pm 0,05 b	1,40 \pm 0,10 a	1,35 \pm 0,03a
pH 48 h <i>postmortem</i> (u)	0,1205	5,65 \pm 0,02	5,58 \pm 0,02	5,62 \pm 0,02

Filas con letra en común o sin letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según la prueba DGC.

GM 3. No proveer una ración extra a los animales en pastoreo y finalizar el periodo de engorde en menor tiempo pudo generar GM ligeramente menores con respecto al estudio de Bolaños [7], a pesar de clasificar en la misma categoría. A partir de los resultados entre un estudio y otro se refuerza la hipótesis de que la ración ofrecida a los animales ha mejorado con el tiempo (al igual que lo sugerido en GDP). Mantener a los animales hasta 160 días en finca con el objetivo de generar mejor GM no se justifica, ya que entre 65 (T1) y 94 días (T2-T3) se puede obtener la misma categoría con una dieta proteica y/o energética superior.

Quirós [32] hace mención que la edad de cosecha no es un factor que afecte significativamente al grado de cobertura de grasa (GC), el autor evaluó canales de terneros Brahman y registró GC 1, inferior numéricamente aunque en la misma categoría que los resultados de este ensayo. Las hembras de este estudio se clasifican en la categoría intermedia para hembras en Costa Rica, ya que el 59,5% de estas también presentan GC 1, acreditándose ello a dietas poco energéticas, predominancia de sistemas de pastoreo [23] y/o ascendencia racial del hato con tendencia al cebú [10]. Bolaños [7] destaca que para la empresa donde se desarrolló el ensayo es importante presentar GC entre 2 y 3, al ser deseable en la presentación

de cortes finos como New York y punta de solomo vendidos en sus carnicerías *premium*. El promedio de los tres tratamientos para esta variable (1,3) no difirió respecto a grupos con tiempo de engorde similar en la investigación de Bolaños [7] para la misma finca (1,4); aunque estuvo por debajo de animales que permanecieron de 100 a 160 días en estabulación (1,8); la diferencia en los periodos de engorde en este ensayo pudo contribuir a obtener menores resultados, aunque se mantuvieron en la misma categoría. En Costa Rica, apenas 2% de las canales de hembras presentan la mayor categoría de GC (GC 3) y una proporción menor presentan GC 2 (38,4%) [10], por lo que conseguir canales con mayor GC implicaría para la finca un mejoramiento considerable tanto en alimentación como genética.

Respecto al espesor de la grasa de cobertura, Pordomingo *et al.* [34] señalan que a pesar de existir animales con menor GDP, se pueden obtener canales con similar cobertura grasa, lo que contribuye a justificar por qué T2 y T3 presentaron similitud con T1 a pesar de mantener GDP inferiores. Por otro lado, Genther *et al.* [28] y Pordomingo *et al.* [34] indican que la alimentación energética y la genética son los factores que permiten observar diferencias en el espesor de la grasa dorsal entre *Bos indicus* y *Bos taurus*, siendo

por lo general mayor en el segundo. Por ejemplo, Pordomingo *et al.* [34] reportan valores de 0,38 cm a 0,93 cm en hembras Angus alimentadas con diferentes niveles energéticos y Genter *et al.* [28] indican un promedio 1,4 cm en novillos Angus con inclusión de 62% de maíz en la dieta; ambos casos superiores a los resultados de este ensayo (0,42 cm).

Sin embargo, a lo interno de las razas *B. indicus*, son el sexo y la alimentación los factores que más generan variación entre ensayos para el grosor de grasa; por ejemplo Rodríguez [15] no identificó diferencias entre novillos y toros alimentados en pasturas de baja calidad y registró un promedio inferior al de este ensayo en hembras (0,23 cm vs. 0,42 cm); y Quesada [42] midió 0,37 cm y 0,47 cm en novillos Brahman suplementados con dietas de 3,31 Mcal/kg y 3,44 Mcal/kg respectivamente. A partir de lo anterior surgen dos hipótesis, la primera es que en general las hembras *B. indicus* presentan mayor grosor de grasa dorsal respecto a toros o novillos cuando las condiciones alimenticias son pobres o similares; y la segunda es que al comparar entre hembras alimentadas con menor nivel energético versus machos alimentados con mejores dietas, se puede esperar igual o mayor grosor de grasa de cobertura en los últimos. Empero, más investigación debería efectuarse para demostrar lo anterior.

La grasa de cobertura no puede obviarse en los atributos de calidad al tener efecto protector contra la baja temperatura y el consecuente acortamiento de fibras por frío (*cold shortening*) que reduce la suavidad del producto; además es inherente al sabor y jugosidad del producto final [12, 43, 44, 45, 46, 47]. Savell *et al.* [37] indican que grasas por encima de 0,74 cm de grosor incrementan la palatabilidad de la carne. A pesar de la importancia de la grasa de cobertura, en Costa Rica no existen estudios que identifiquen una relación entre el GC y la suavidad de la carne.

Page *et al.* [48] indican que la temperatura de la canal se asocia a la cobertura de grasa que presente, incrementando la primera conforme aumenta la segunda, debido al efecto aislante que ofrece la grasa. En concordancia, T2 y T3 presentaron numéricamente mayor espesor graso ($p > 0,05$) y mayor temperatura respecto al T1 (0,83°C vs. 1,37°C, $p < 0,05$). Rodríguez [15] indica que la condición sexual del animal no influye sobre

la temperatura de la canal, siendo los valores normales de 3,7°C a 4,4°C a las 24 horas y 2,5°C a las 48 horas *post mortem*. Al contrario, Page *et al.* [48], registraron que las canales de hembras ($n=315$) presentan mayor temperatura (2,6°C) que los novillos (2,5°C, $n=680$), atribuido a la mayor cobertura de grasa presente en las primeras. En general, los resultados de este ensayo mostraron valores inferiores respecto a otros autores en Costa Rica [24, 32, 41]. Quirós [32] también encontró diferencias de temperatura entre sus tratamientos (2,2°C vs. 0,94°C) y alude los menores valores a la colocación de las canales bajo el ducto de ventilación del cuarto frío. Otro factor que pudo provocar diferencias entre tratamientos es la descalibración del equipo o la no estandarización del tiempo desde que se insertó el termómetro hasta que se leyó el resultado. Grajales *et al.* [49] señalan que el acortamiento de las fibras musculares por frío puede iniciar desde temperaturas inferiores a 10°C, aunque la intensidad de la contracción incrementa conforme desciende la temperatura. Además, Savell *et al.* [37] indican que si el músculo alcanza entre 0°C y 15°C antes del establecimiento del *rigor mortis* la contracción muscular se maximiza. Una exposición prolongada de la canal entre 0°C y 2°C podría repercutir en la suavidad del producto final [49]; sin embargo, Quirós [32] no encontró efecto de 0,94°C sobre la terneza de la carne.

Respecto al color de la grasa de cobertura, conforme el animal envejece, los carotenoides (pigmentos en el forraje) se depositan en la grasa y otorgan la coloración típica del grado 3, entre amarillo claro e intenso [47]. Sin embargo, al ser los animales de este ensayo jóvenes, el tiempo de alimentación con forraje (T2-T3) no fue suficiente como para permitir la acumulación de carotenos y presentar grasas de grado 3 [24]; los valores del T2 y T3 fueron ligeramente superiores respecto al T1 pero no lo suficiente como para ser estadísticamente distintos; así, el promedio del color en el ensayo fue 1,4, indicando grasas entre blanco y rosa. Las canales se ubicaron en el grado más común de color para hembras destinadas a la producción de carne en Costa Rica (grado 1). Arias [47] indica que los consumidores de carne de res prefieren carnes con coloración entre rosa pálido y blanco, preferencia satisfecha con los resultados obtenidos en los tres tratamientos.

Por otra parte, el pH muscular tampoco varió entre tratamientos, siendo el promedio 5,6, en concordancia al rango normal de 5,4 a 5,7 a las 48 horas *post mortem* [37, 45, 50]. Rodríguez [15] indica que la condición sexual del animal no tiene efecto sobre el pH de la canal, al no encontrar diferencias entre novillos y toros (5,6). Por su parte, Strydom *et al.* [50] observaron que el cruce sí puede influenciar el pH a las 48 horas *post mortem*, al observar mayor pH en las razas Brahman (5,5) y Simmental (5,6) respecto al cruce Simbra (5,3).

Otros autores no atribuyen cambios del pH muscular a la alimentación o suplementación ofrecida. Por ejemplo, Pordomingo *et al.* [34] no diferenciaron entre animales engordados a pastoreo o con diferente proporción de granos, siendo la media (5,5) muy similar a este ensayo. Por otro lado, do Carmo *et al.* [27] no encontraron efecto de antioxidantes (Se, Zn y vitamina E) ofrecidos en el alimento sobre esta variable a las 24 horas *post mortem*, siendo el promedio 6,3. Lo anterior puede ayudar a comprender por qué en este ensayo no se registró diferencias entre tratamientos a pesar de suplementar y alimentar con materias primas distintas. Por otro lado, la estimulación eléctrica (EE) aplicada al momento de cosecha no pareció influenciar el pH, ya que el promedio no difiere respecto a estudios indicados previamente, donde no se aplicó EE; a pesar de ello, los resultados de Mauri [51] sugieren comparar el pH de canales expuestas o no a EE desde la cosecha hasta las 48 horas *post mortem* con el objetivo de identificar si existe o no influencia sobre la velocidad de descenso del pH.

El marmoleo del músculo LD obtuvo el mismo puntaje en todas las canales, según la guía del USDA [14], siendo la calificación otorgada "ligero", la más magra de la escala. Visualmente, se percibió que el T1 presentó más grasa intramuscular que los demás tratamientos; sin embargo, no fue suficiente para encajar en la siguiente categoría (poco marmoleo); a su vez T2 y T3 no pudieron clasificarse en una categoría inferior debido a que la escala no cuenta con una. Según el mercado al que se dirige el producto, el marmoleo no es una característica prioritaria para adquirir una pieza de carne; como por ejemplo en Brasil, cuya producción cárnica proviene en su mayoría de *B. indicus*, y no utiliza el marmoleo en su sistema de clasificación de canales [41]. En Costa Rica, el consumidor

considera que una pieza de carne de primera calidad presenta las siguientes características en orden descendente: frescura, suavidad, buen color, jugosidad, higiene, sin grasa, sin pellejo y buen olor [52]; el marmoleo no figura entre los conceptos indicados por los consumidores debido probablemente al desconocimiento del término [52] y aunque forma parte de los factores que influyen la suavidad y jugosidad de la carne, no es el único ni el principal, por lo que se considera que se puede prescindir de esta variable en la calificación de canales bovinas costarricenses. Aun así, en caso de utilizar al marmoleo como variable de calidad, debería proponerse una escala acorde a las condiciones típicas de las canales costarricenses, donde los grados de marmoleo son menores.

Los esfuerzos para generar cambios en marmoleo dentro de una misma explotación deben ser considerables, tal como lo demostraron Ribeiro *et al.* [53], quienes no encontraron diferencias en marmoleo entre carne de Angus alimentados con diferente proporción de destilado de maíz; o Pordomingo *et al.* [34], quienes no encontraron diferencias en el porcentaje de grasa intramuscular de hembras Angus engordadas a pastoreo o con distinta proporción de heno de alfalfa y grano.

Composición de la canal

A partir del análisis estadístico se determinó que el peso pie planta (PPP) tuvo efecto ($p < 0,05$) sobre algunos componentes de la canal, específicamente el porcentaje de la región central y BSCH; así como los kilogramos del tejido muscular y graso, desperdicio y peso de la canal. Jorge *et al.* 2003 citado por Arguedas [29] indican que la proporción de hueso varía con el peso del animal, siendo mayor conforme éste es más pesado; empero, en este ensayo no hubo inherencia del PPP sobre la proporción de tejido óseo ($p > 0,05$). El Cuadro 4 muestra la composición de la canal en porcentaje, cuyas regiones fueron compuestas por los músculos presentados en los cuadros 5 y 6. A excepción del BSCH y desperdicio, ninguna variable de composición en porcentaje presentó diferencias entre tratamientos.

Respecto a los kilogramos de cada tipo de corte (Cuadro 5), estos fueron similares en los tres tratamientos, y el único que presentó diferencias fue el pescuezo, siendo mayor en el T1 (4,5 kg)

Cuadro 4. Composición de la canal (%) de hembras de ganado cebú engordado en sistemas de estabulación y pastoreo. San Carlos, Costa Rica.

Table 4. Carcass composition (%) of zebu females cattle finished in feedlot and grazing systems. San Carlos, Costa Rica.

Variable	p-valor	Tratamiento (Media ± E.E.)		
		T1	T2	T3
Región delantera (%)	0,5243	17,05 ± 0,18	17,08 ± 0,30	16,74 ± 0,18
Región central (%)	0,9446	7,77 ± 0,09	7,81 ± 0,09	7,78 ± 0,14
Región trasera (%)	0,5927	26,01 ± 0,28	26,23 ± 0,36	26,48 ± 0,33
BSCH (%)	0,0297	27,12 ± 0,46 a	25,21 ± 0,62 b	26,33 ± 0,43 b
Tejido muscular (%)	0,0622	77,95 ± 0,33	76,34 ± 0,64	77,47 ± 0,41
Tejido óseo (%)	0,3061	19,47 ± 0,27	20,14 ± 0,31	19,62 ± 0,29
Tejido graso (%)	0,2440	0,81 ± 0,09	0,56 ± 0,10	0,65 ± 0,11
Desperdicio (%)	0,0028	1,93 ± 0,08 b	2,42 ± 0,13 a	2,50 ± 0,14 a

Filas con letra en común o sin letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según la prueba DGC.

respecto a T2 y T3 (3,9 kg). Los kilogramos de regiones completas (subtotales en el Cuadro 5) delantera y central también fueron superiores en el T1 y semejantes entre T2-T3, lo que propició la mayor cantidad de tejido muscular o carne vendible en el T1. En concordancia con el Cuadro 2, el peso total de las canales, como la suma de todas las regiones, fue mayor en T1 respecto a T2 y T3.

El PCF registrado por la romana (Cuadro 2) y el total de la canal sumado en el deshuese varió entre 0,45 kg y 1,6 kg para los tres tratamientos. Además, el T1 produjo la mayor cantidad de recortes (BSCH) y la menor cantidad de tejido graso y desperdicio, lo que puede asociarse al cambio del personal de deshuese y la demanda de BSCH de la planta entre una cosecha y otra. En general T2 y T3 se comportaron similar en la composición de la canal (Cuadros 5 y 6), resultados semejantes a lo observado en la etapa de engorde y rendimiento de canal.

Las diferencias en composición de la canal se han asociado a la edad de los animales [27]. La grasa es el tejido con el desarrollo más tardío aunque se deposita sutilmente en todas las edades, por lo que pueden presentarse

diferencias en el tejido graso conforme el animal envejece [27].

Rubio *et al.* [36] indican que tanto el rendimiento pie/canal como el rendimiento canal carne o porcentaje de tejido muscular, varían según el tipo de animal, conformación de la canal y metodología de deshuese, aunque se puede esperar alrededor de 75% del peso de la canal en carne y 25% entre hueso y demás componentes. En Costa Rica, el rendimiento de carne vendible ronda 76,4% en machos y de 74,2% a 74,6% en hembras [10, 17, 18]. Por su parte, CORFOGA [10] indica que los novillos presentan el mejor rendimiento carnicero (76,6%), seguido por toros (76,2%) y hembras (74,4%). En este ensayo los tres tratamientos se mantuvieron por encima de los rendimientos indicados para hembras, con un promedio de 77,2%, superando incluso a los novillos y toros.

Rodríguez *et al.* [20] señalan que las diferencias en cortes y cantidad de tejido muscular se explican por el peso de la canal más que por el genotipo o suplementación ofrecida. Tal afirmación puede reforzarse con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde las canales más pesadas del T1 también generaron

Cuadro 5. Cortes de carne, distribución y composición de la canal (en kg) de hembras de ganado cebú engordado en sistemas de estabulación y pastoreo. San Carlos, Costa Rica.

Table 5. Beef cuts, distribution and carcass composition (in kg) of zebu females cattle in feedlot and grazing systems. San Carlos, Costa Rica.

Clasificación	Corte	p-valor	Media (kg) ± E.E.		
			T1	T2	T3
Región delantera	Cacho de paleta	0,2559	1,13 ± 0,07	1,04 ± 0,04	1,00 ± 0,02
	Giba	0,2157	0,11 ± 0,07	0 ± 0	0 ± 0
	Lomo de paleta	0,2133	1,50 ± 0,02	1,55 ± 0,03	1,48 ± 0,03
	Lomo de pescuezo	0,3974	0,23 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01
	Pecho	0,6595	1,53 ± 0,06	1,48 ± 0,05	1,44 ± 0,07
	Pescuezo	0,0062	4,55 ± 0,12 a	4,11 ± 0,19 b	3,76 ± 0,16 b
	Posta de paleta	0,2041	2,76 ± 0,09	2,54 ± 0,80	2,58 ± 0,08
	Quititeña	0,7017	2,53 ± 0,12	2,39 ± 0,13	2,49 ± 0,08
	Ratón – Shink	0,2027	3,21 ± 0,08	3,00 ± 0,15	2,92 ± 0,09
	Sub total	<0,0001	17,7 ± 0,17 a	15,8 ± 0,26 b	15,4 ± 0,36 b
Región central	Cecina	0,3659	0,86 ± 0,02	0,78 ± 0,05	0,81 ± 0,03
	Cola de lomo	0,1554	1,54 ± 0,04	1,39 ± 0,04	1,41 ± 0,08
	Lomito	0,0616	1,53 ± 0,05	1,39 ± 0,04	1,30 ± 0,10
	Lomo ancho	0,0791	2,84 ± 0,10	2,59 ± 0,07	2,56 ± 0,09
	Lomo de aguja	0,8891	0,81 ± 0,03	0,80 ± 0,02	0,79 ± 0,02
	Oreja de cecina	0,5218	0,44 ± 0,02	0,51 ± 0,06	0,47 ± 0,03
	Sub total	0,0187	8,05 ± 0,17 a	7,47 ± 0,15 b	7,41 ± 0,13 b
Región trasera	Bolita	0,1402	4,19 ± 0,10	3,92 ± 0,11	3,87 ± 0,14
	Cacho vuelta lomo	0,3993	0,97 ± 0,03	0,91 ± 0,02	0,92 ± 0,08
	Mano de piedra	0,7699	1,74 ± 0,12	1,64 ± 0,05	1,65 ± 0,04
	Posta de cuarto	0,1754	6,80 ± 0,16	6,35 ± 0,12	6,51 ± 0,21
	Punta de solomo	0,4850	1,18 ± 0,04	1,17 ± 0,07	1,07 ± 0,08
	Rabo	0,8810	1,05 ± 0,08	1,09 ± 0,05	1,10 ± 0,06
	Ratón - Shank	0,1402	3,71 ± 0,12	3,29 ± 0,21	3,35 ± 0,13
	Solomo	0,2384	4,14 ± 0,11	3,92 ± 0,13	3,87 ± 0,10
	Vuelta de lomo	0,1159	2,95 ± 0,06	2,86 ± 0,09	2,69 ± 0,08
Sub total	0,1476	26,50 ± 0,57	25,30 ± 0,54	25,10 ± 0,55	
BSCH	0,0003	27,80 ± 0,67 a	24,50 ± 0,43 b	24,60 ± 0,37 b	
Tejido muscular	<0,0001	80,90 ± 1,12 a	71,90 ± 1,17 b	72,30 ± 1,29 b	
Tejido óseo	0,0821	19,71 ± 0,64	19,60 ± 0,68	18,00 ± 0,32	
Tejido graso	0,0016	0,62 ± 0,06 b	0,57 ± 0,05 c	0,76 ± 0,07 a	
Desperdicio	0,0020	1,84 ± 0,06 b	2,20 ± 0,10 a	2,17 ± 0,07 a	

Filas con letra en común o sin letra no son significativamente diferentes ($p>0,05$), según la prueba DGC.

Cuadro 6. Cortes de carne, distribución y composición de la canal (en %) de hembras de ganado cebú engordado en sistemas de estabulación y pastoreo. San Carlos, Costa Rica.

Table 6. Beef cuts, distribution and carcass composition (in %) of zebu females cattle in feedlot and grazing systems. San Carlos, Costa Rica.

Clasificación	Corte	p-valor	Media (%) ± E.E.		
			T1	T2	T3
Región delantera	Cacho de paleta	0,7591	1,09 ± 0,06	1,09 ± 0,03	1,05 ± 0,03
	Giba	0,2274	0,11 ± 0,07	0 ± 0	0 ± 0
	Lomo de paleta	0,1752	1,58 ± 0,03	1,62 ± 0,01	1,52 ± 0,02
	Lomo de pescuezo	0,4222	0,54 ± 0,31	0,19 ± 0,02	0,22 ± 0,01
	Pecho	0,5838	1,47 ± 0,04	1,55 ± 0,05	1,52 ± 0,06
	Pescuezo	0,0476	4,39 ± 0,08 a	4,30 ± 0,19 ab	3,96 ± 0,14 b
	Posta de paleta	0,7629	2,66 ± 0,07	2,66 ± 0,06	2,73 ± 0,07
	Quititeña	0,4378	2,44 ± 0,10	2,49 ± 0,11	2,63 ± 0,09
	Ratón – Shink	0,9399	3,09 ± 0,04	3,13 ± 0,13	3,08 ± 0,04
	Sub total	0,5243	17,1 ± 0,18	17,1 ± 0,30	16,7 ± 0,18
Región central	Cecina	0,7162	0,83 ± 0,02	0,82 ± 0,04	0,85 ± 0,02
	Cola de lomo	0,8501	1,49 ± 0,04	1,45 ± 0,02	1,49 ± 0,05
	Lomito	0,7193	1,48 ± 0,03	1,45 ± 0,02	1,39 ± 0,12
	Lomo ancho	0,9399	2,74 ± 0,08	2,70 ± 0,06	2,70 ± 0,09
	Lomo de aguja	0,1912	0,78 ± 0,02	0,84 ± 0,02	0,84 ± 0,02
	Oreja de cecina	0,0522	0,43 ± 0,01	0,53 ± 0,06	0,49 ± 0,02
	Sub total	0,9446	7,77 ± 0,09	7,81 ± 0,09	7,78 ± 0,14
Región trasera	Bolita	0,9159	4,05 ± 0,07	4,09 ± 0,07	4,08 ± 0,09
	Cacho vuelta lomo	0,9196	0,94 ± 0,03	0,95 ± 0,01	0,97 ± 0,09
	Mano de piedra	0,8098	1,68 ± 0,10	1,72 ± 0,04	1,74 ± 0,03
	Posta de cuarto	0,1850	6,57 ± 0,11	6,64 ± 0,07	6,86 ± 0,13
	Punta de solomo	0,5879	1,14 ± 0,04	1,22 ± 0,06	1,13 ± 0,09
	Rabo	0,2238	1,01 ± 0,07	1,14 ± 0,05	1,16 ± 0,06
	Ratón - Shank	0,6675	3,58 ± 0,11	3,42 ± 0,17	3,53 ± 0,08
	Solomo	0,6825	4,00 ± 0,08	4,10 ± 0,10	4,08 ± 0,06
	Vuelta de lomo	0,3353	3,02 ± 0,06	2,91 ± 0,09	2,89 ± 0,04
	Sub total	0,5927	26,00 ± 0,28	26,20 ± 0,36	26,40 ± 0,33
BSCH	0,0297	27,10 ± 0,46 a	25,20 ± 0,62 b	26,30 ± 0,43 b	
Tejido muscular	0,0622	77,90 ± 0,33	76,30 ± 0,64	77,40 ± 0,41	
Tejido óseo	0,3061	19,50 ± 0,27	20,10 ± 0,31	19,60 ± 0,29	
Tejido graso	0,2440	0,81 ± 0,09	0,57 ± 0,10	0,65 ± 0,11	
Desperdicio	0,0028	1,93 ± 0,08 b	2,42 ± 0,13 a	2,50 ± 0,14 a	

Filas con letra en común o sin letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según la prueba DGC.

mayor cantidad de carne (Cuadro 5). Además, se ha supuesto que las diferencias en proporción de la canal pueden atribuirse a la alimentación y/o suplementación ofrecida, presentando los animales más pesados menor porcentaje de tejidos óseo y muscular [27]. Pese a ello, do Carmo *et al.* [27] no encontraron diferencias entre tejidos óseo, graso o la porción comestible en canales de Nelore engordados con heno de *Brachiaria brizantha* y suplementados con diferentes antioxidantes (120 mg Zn/kg; 0,4 mg Se/kg y/o 50 000 UI vitamina E/kg). En concordancia, la suplementación con distinta cantidad de Zn, Se o vitamina E no generó diferencias entre T2 y T3.

Finalmente, do Carmo *et al.* [27] hacen mención del uso de antioxidantes como vitamina E, Se y Zn para obtener mejoras en la calidad de la carne sin influenciar la composición de la canal. En concordancia, para las variables de cosecha y engorde no se registró diferencias significativas en la composición de T2 y T3, quienes tuvieron las mismas condiciones de alimentación con distinta suplementación mineral y vitamínica.

Conclusiones

- El ganado cebú engordado en sistemas de estabulación presentó ganancias diarias de peso superiores al engordado en sistemas de pastoreo intensivo con pasturas naturalizadas (1,35 kg/animal/día vs. 0,88 kg/animal/día).
- Respecto a variables relacionadas con el rendimiento de la canal, el ganado cebú engordado en sistema de estabulación presentó canales más pesadas que el finalizado en sistemas de pastoreo, al ser clasificado inicialmente como el grupo más pesado; entre ambos sistemas no hubo diferencias en el rendimiento pie/canal o AOL ni en variables asociadas a calidad de la canal.
- La composición (%) de la canal no difirió entre tratamientos, aunque se registró mayor proporción de recortes y menor desperdicio en animales engordados en sistemas de estabulación respecto a sistemas de pastoreo, atribuidas las diferencias al cambio de personal de deshuese y requerimientos de la planta de cosecha. También el tratamiento de

estabulación fue superior en kilogramos del total de la canal, tejido muscular y graso.

- La calidad de la canal obtenida en los tres sistemas de alimentación fue consistente.

Recomendaciones

- A partir de los resultados y el análisis ejecutado en la presente investigación, se recomienda:
- Analizar bromatológicamente tanto las pasturas como la dieta de animales en confinamiento, para comparar numéricamente los resultados obtenidos respecto a otras investigaciones.
- Utilizar Stella Beef® también en animales en confinamiento para determinar su desempeño al compararlo con el núcleo mineral DF bajo las mismas condiciones.
- Determinar la correlación entre variables medidas con ultrasonido y sus equivalentes en planta de cosecha, sobre animales con ascendencia *B. indicus* finalizados en sistemas de engorde costarricenses.
- Estandarizar el periodo de ayuno en finca para minimizar variaciones en merma por transporte.
- Establecer un sistema de clasificación para marmoleo de la carne bovina mejor adaptado a las características imperantes en los sistemas de producción de Costa Rica (razas cebuinas, engorde a base de pasturas y dietas bajas en energía).
- Evaluar el efecto de la estimulación eléctrica sobre la rapidez del descenso del pH *post mortem* y características de calidad como pH, color muscular y PG.

Bibliografía

- [1] INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), "VI Censo Nacional Agropecuario: Actividades pecuarias, prácticas y servicios agropecuarios", San José: INEC, 2015.
- [2] A. Herrera, O. Vergara, M. Cerón, D. Agudelo, E. Arboleda, "Curvas de crecimiento en bovinos cruzados utilizando el modelo Brody", *Livestock Research for Rural Development*, vol. 20, no. 9, pp. 235-241, 2008.
- [3] Y. Rodríguez. Evaluación de la competitividad de la carne de res a nivel nacional 2007-2017. San José: CORFOGA, 2019.

- [4] World Economic Forum, "Meat: the future. Time for a protein portfolio to meet tomorrow's demand", Geneva, Suiza. 2018.
- [5] R. Carrera, N. Fierro, J. Ordoñez, "Manual de pastoreo", UTPL, 2015.
- [6] P. French, C. Stanton, F. Lawless, E. O'Riordan, F. Monahan, P. Caffrey, A. Moloney, "Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets", *Journal of Animal Science*, vol. 78, pp. 2849-2855, 2000.
- [7] F. Bolaños, "Rendimiento cárnico en ganado cebuino con dos sistemas de producción: pastoreo con suplementación y estabulado en la Ganadera Don Fernando, San Carlos, Alajuela, Costa Rica", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, 2019.
- [8] INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Encuesta Nacional Agropecuaria 2017: Resultados generales de las actividades ganaderas vacuna y porcina. San José: INEC, 2019.
- [9] IDE (Infraestructura de datos espaciales), "Explora capas", 2015. [Online]. Disponible en: <http://www.idehn.tec.ac.cr/layers/?limit=100&offset=0> [Accesado 17 Nov. 2019].
- [10] CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero), "Datos estadísticos: clasificación de canales bovinas 2004-2012", CORFOGA, 2012.
- [11] CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero), "Guía fotográfica: Sistema de clasificación de canales", Diapositivas, 2002.
- [12] USDA (United States Department of Agriculture), "United States standards for grades of carcass beef", Washington: USDA. 2017.
- [13] USDA (United States Department of Agriculture), "Method for grid assessment of beef carcass ribeye area", Washington: USDA. 2011.
- [14] USDA (United States Department of Agriculture), "Beef grading shields", 2015b. [Online]. Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/beef/shields-and-marbling-pictures> [Accesado 29 Oct. 2019].
- [15] J. Rodríguez, "Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate", Tesis M.Sc. Kansas State University, Estados Unidos, 2012.
- [16] J.A. Di Rienzo, F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo, "InfoStat versión 2020", Córdoba, Centro de Transferencia InfoStat, 2020.
- [17] SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria), "Boletín Estadístico Agropecuario 29 | Serie Cronológica 2015 – 2018", SEPSA. 2019.
- [18] E. Pérez, "Manual de manejo: Sistemas intensivos sostenibles de ganadería de engorde", San José: INTA, 2017.
- [19] E. Ducca, O. Solano, O. Alfaro, C. Zumbado, R. Almendares, J. Le Coq, "Caracterización y plan de acción para el desarrollo de la agrocadena de ganadería bovino en la región Huetar Norte", MAG. 2007.
- [20] K. Rodríguez, A. Valverde, J. Rodríguez, O. Murillo, M. Camacho, "Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos", *Agronomía Mesoamericana*, vol. 29, no. 1, pp. 105-122, 2018.
- [21] J. Ramírez, A. Valverde, A. Rojas, "Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo", *Agronomía mesoamericana*, vol. 28, no. 1, pp. 43-57, 2016.
- [22] V. Arronis, J. Morales, "Engorde de ganado estabulado con dietas de bajo costo con base en bancos forrajeros", *Alcances Tecnológicos*. vol 1, pp: 98-113, 2021.
- [23] INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Encuesta Nacional Agropecuaria 2018: Resultados generales de la actividad ganadera vacuna y porcina. San José: INEC, 2019.
- [24] J. Salas, J. Rodríguez, "Comparación entre toretes y novillos de la raza Brahman sobre el crecimiento, rendimiento y la calidad de la carne en un sistema estabulado en el Pacífico Norte de Costa Rica", *Revista AgrolInnovación en el Trópico Húmedo*, vol. 2, no. 2, pp. 27-40, 2020.
- [25] D. Bauer, I. Rush, R. Rasby, "Minerales y vitaminas en bovinos de carne, Capítulo 4", 2009. Disponible en: 118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf (produccion-animal.com.ar) [Accesado 17 Dic. 2020].
- [26] O. Pittaluga, "Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay", INIA, Uruguay, PIT no. 636.2, 2009.
- [27] T. do Carmo, V. Peripolli, J. Gonçalves, C. Bergmann, M. Soares, J. Restle, L. Kindlein, C. McManus, "Carcass characteristics and meat evaluation of Nelore cattle subjected to different antioxidant treatments", *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 46, no. 2, pp. 138-146, 2017.
- [28] O. Genther, M. Branine, S. Hansen, "Effects of increasing supplemental dietary Zn concentration on growth performance and carcass characteristics in finishing steers fed ractopamine hydrochloride", *Journal of Animal Science*, vol. 96, pp. 1903-1913, 2018.
- [29] UNNE (Universidad Nacional del Nordeste), "Crecimiento y desarrollo. Biotipos productivos", 2014. [Online]. Disponible en: <https://ipafcv.files.wordpress.com/2014/04/10.-crecimiento-y-desarrollo.pdf> [Accesado 09 Set. 2020].

- [30] J. Ramírez, "Evaluación de niveles crecientes de energía en la suplementación de novillos de engorde en pastoreo", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, 2014.
- [31] K. Aguilar, "Efecto de la suplementación con granos de destilería de maíz secos con solubles (DDGS) en novillos en pastoreo, encastados con Brahman; sobre características de crecimiento, canal y perfil lipídico de la carne en la zona de San Carlos, Alajuela", Tesis Lic. Universidad de Costa Rica, San José, 2019.
- [32] R. Quirós, "Caracterización de la canal y calidad de la carne en terneros de encaste Brahman, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, 2020.
- [33] K. Arguedas, "Características de la canal, el rendimiento y calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en La Vega de Florencia, San Carlos", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, 2017.
- [34] A. Pordomingo, G. Grigioni, F. Carduza, G. Volpi, "Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality", *Meat Science*, vol. 90, no. 4, pp. 939-946. 2012.
- [35] G. Torrescano, A. Sánchez, M. Vásquez, R. Paz, D. Pardo, "Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora", *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 1, no. 2, pp. 157-168, 2010.
- [36] S. Rubio, D. Braña, D. Méndez, G. Torrescano, A. Sánchez, C. Pérez, F. Figueroa, E. Delgado, "Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas", Sonora: UNAM. 2013.
- [37] J. Savell, S. Mueller, B. Baird, "The chilling of carcasses", *Meat Science*, vol. 70, pp. 449-459, 2005.
- [38] B.R. Correia, G.G. Carvalho, R.L. Oliveira, A.J.V. Pires, O.L. Ribeiro, R.R. Silva, A.G. Leão, J.I. Simionato, B.M. Carvalho, "Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake", *Meat Science*, vol 118, pp:157-163, 2016. doi:10.1016/j.meatsci.2016.03.017
- [39] J. Crouse, L. Cundiff, R. Koch, M. Koohmaraie, S. Seideman, "Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability", *Journal of Animal Science*, vol. 67, pp. 2661-2668, 1989.
- [40] E. Ramírez, M. Cerón, A. Herrera, O. Vergara, E. Arboleda, L. Restrepo, "Crecimiento de hembras cruzadas en el trópico colombiano", *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 22, pp. 264-647, 2009.
- [41] R. Larraín, J. Fernández, O. Melo, "Informe final: Análisis comparado de los sistemas de clasificación de ganado y de calidad de cortes de carne bovina en principales países ganaderos relevantes para Chile o el mercado mundial", Ministerio de Agricultura, Chile, 2018.
- [42] M. Quesada, "Efecto de la suplementación con semolina de arroz en el desarrollo, composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo en La Vega, San Carlos", Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, 2019.
- [43] D. King, M. Dikeman, T. Wheeler, C. Kastner, M. Koohmaraie, "Effects of cold shortening and cooking rate on beef tenderness", *Cattlemen's Day*, Jan., pp. 86-89, 2002.
- [44] P. Costa, L. Roseiro, A. Partidário, V. Alves, R. Bessa, C. Calkins, C. Santos, "Influence of slaughter season and sex on fatty acid composition, cholesterol and α -tocopherol contents on different muscles of Barrosã-PDO veal", *Meat Science*, vol. 72, pp. 130-139, 2006.
- [45] M. Motter, P. Corva, M. Krause, C. Perez, L. Soria, "Rol de la Calpastatina en la variabilidad de la ternera de la carne bovina", *Journal of Basic & Applied Genetics*, vol. 20, no. 1, pp. 15-24, 2009.
- [46] M. Arboitte, I. Brondani, F. Deschamps, F. Bertoldi, D. Alves, L. Segabinazzi, "Qualidade da carne do músculo *Longissimus dorsi* de novilhos superjovens Aberdeen Angus de biótipo pequeno e médio abatidos com o mesmo estágio de acabamento na carcaça", *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, vol. 33, no. 2, pp. 191-198, 2011.
- [47] R. Arias, "Opinión de la norma chilena de tipificación y calificación de la carne", 2018. Accesado 09 Set., 2020. En: https://www.academia.edu/38707767/Opini%C3%B3n_de_la_norma_chilena_de_tipificaci%C3%B3n_y_calificaci%C3%B3n_de_la_carne
- [48] J. Page, D. Wulf, T. Schwotzer, "A survey of beef muscle color and pH", *Journal of Animal Science*, vol. 79, pp. 678-687, 2001.
- [49] A. Grajales, M. Ruiz, J. Lepetir, R. Favier, "Cambios mecánicos, estructurales y geométricos provocados por la contracción al frío en carne cocida", *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 6, no. 1, pp. 11-17, 2007.
- [50] P. Strydom, J. Lühnl, C. Kahl, L. Hoffman, "Comparison of shear force tenderness, drip and cooking loss, and ultimate muscle pH of the loin muscle among grass-fed steers of four major beef crosses slaughtered in Namibia", *South African Journal of Animal Science*, vol. 46, no. 4, pp. 348-359, 2016.
- [51] M. Mauri, "Efecto del sistema de aturdimiento con CO₂, tiempo de desangrado y estimulación eléctrica

- post-mortem en la calidad de la carne de pavo”, Tesis Ph.D. Universidad de Córdoba, España, 2017.
- [52] CORFOGA (Corporación Ganadera Nacional), “Informe de consumo, uso y actitudes al consumo de carne de res (CUAS 2017)”, CORFOGA, 2017.
- [53] F. Ribeiro, K. Domenech, C. Contreras-Castillo, K. Hart, N. Herrera, C. Calkins, “Feeding distillers grains to cattle may affect beef tenderness early post-mortem”, *Journal of Animal Science*, vol. 97, no. 2, pp. 657-668, 2019.

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

A. Fernández-Quesada, J. Rodríguez-González, “Rendimiento y calidad de hembras cebú en sistemas de estabulación y pastoreo en San Carlos, Costa Rica”, *Revista AgrolInnovación en el Trópico Húmedo*, vol. 3 no. 1, pp. 24-41, 2022. DOI: 10.18860/rath.v3i1.6505