

ARTÍCULO CIENTÍFICO

EVALUACIÓN DEL USO DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES Y PROMOTORES DE CRECIMIENTO SOBRE RENDIMIENTOS DE NOVILLOS EN PASTOREO¹

Bryan Aguilera-Saldaña ^{2,3}, Anthony Valverde-Abarca ^{4,5} ✉, Julio Rodríguez-González⁴

RESUMEN

La ganadería de carne en Costa Rica debe orientarse hacia una producción rentable, carbono neutral y sostenible sin detrimento de la eficiencia del proceso productivo. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del uso de dos subproductos agroindustriales (pulpa de cítricos deshidratada y harina de coquito de palma negra africana) y tres promotores de crecimiento (zeranol (I₁), estradiol (I₂), y acetato de trenbolona + estradiol (I₃)) sobre la ganancia diaria de peso (GPD), peso vivo final en finca (PVFF), merma por transporte (M), peso de canal caliente (PCC) y rendimiento en canal (RC). Se utilizaron 84 novillos de dos grupos genéticos (cebuino y cruce F₁ cebuino* europeo) en un sistema de pastoreo rotacional de pasto mombasa (*Panicum maximum*), durante la época seca y lluviosa. Se encontró que la adición de subproductos agroindustriales no tuvo efecto (P >0,05) sobre la GPD, PVFF, PCC y RC. Sin embargo, para merma hubo un efecto (P <0,05) donde los animales suplementados presentaron menores porcentajes de pérdida de peso durante el transporte. Los tratamientos con trenbolona + estradiol (I₃) y zeranol (I₁) presentaron GPD superiores (P <0,05) al tratamiento con estradiol (I₂) y el control. El RC fue superior en el grupo que recibió el tratamiento I₃ (58,28%) sobre el grupo control (54,55%). El uso de los promotores (I₁, I₂, I₃) tuvo efecto (P <0,05) sobre PCC, y se obtuvieron canales más pesadas respecto del grupo control. El factor racial no tuvo efecto (P >0,05) sobre ninguna de las variables evaluadas. La GPD presentada en la época seca (1,22 kg·día⁻¹) fue superior que en la época lluviosa (0,91 kg·día⁻¹). Este mismo comportamiento fue presentado para las variables PVFF y PCC (seca: 523,10 kg y 278,27 kg; lluviosa: 486,00 kg y 259,32 kg). No hubo efecto de la época sobre el porcentaje de merma por transporte. El uso de suplementos nutricionales y no nutricionales mejora el desempeño productivo de los bovinos en condiciones de pastoreo.

Palabras clave: Ganado de carne, crecimiento, pastoreo, suplementación, canal bovino

¹ Este trabajo formó parte de la tesis de Licenciatura en Agronomía del primer autor, realizada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Campus San Carlos, Costa Rica.

² Instituto Nacional de Aprendizaje, Núcleo de Formación y Servicios Tecnológicos Agropecuarios. San José, Costa Rica.

³ Universidad de Costa Rica. Estudiante de Maestría Académica en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales con énfasis en Nutrición Animal, Sistema de Estudios de Posgrado (SEP).

⁴ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible del Trópico Húmedo (CIDASTH), Campus San Carlos. Alajuela, Costa Rica y

⁵ Universidad de Valencia, Departamento de Biología Celular, Biología Funcional y Antropología Física, Facultad de Ciencias Biológicas, Campus Burjassot, C/ Dr. Moliner 50, 46100 Valencia, España.

✉ anvalverde@tec.ac.cr (autor para correspondencia).

ABSTRACT

Assessment of agroindustry byproducts and growth promotants use on grazing steers. Meat livestock farming in Costa Rica must be directed towards profitable, carbon neutral and sustainable production without detriment to the efficiency of the production process. The aim of this investigation was to determine the effect of the use of two agroindustry by-products (dehydrated citrus pulp and African black palm coconut meal) as energy supplements and three growth stimulants (zeranol (I₁), estradiol (I₂), and trenbolone acetate + estradiol (I₃)) on daily weight gain (DWG), final live weight at farm (FLWF), transport loss (TL), hot carcass weight (HCW) and carcass yield (CY). 84 steers were used in two genetic groups (zebu and F₁ cross zebu*European) in rotational grazing of mombasa grass (*Panicum maximum*), for dry and rainy season. Addition of a by-product did not have effect (P >0.05) on the DWG, FLWF, HCW and CY. However, there was a statistically significant effect on TL. The percentage of weight lost during transport was lower for the two rations with agroindustry by-products. The DWG was higher (P <0.05) in the treatment with trenbolone + estradiol (I₃) and zeranol (I₁) than treatment with estradiol (I₂) and control. The CY was greater in the group with I₃ (58.28%) than control group (54.55%). The use of the growth stimulants (I₁, I₂, I₃) did have a significant effect (P <0.05) on HCW, and in all treatment were obtained heavier carcass than control group. There was no significant effect (P >0.05) of breed composition on the evaluated variables. In general, the DWG presented in the dry season (1.22 kg·day⁻¹) was higher than rainy season (0.91 kg·day⁻¹). This performance was presented for FLWF and HCW (dry: 523.10 kg and 278.27 kg, rainy: 486.00 kg and 259.32 kg). There was no difference between seasons for TL. The use of nutritional and non-nutritional supplements improves the productive performance of cattle under grazing conditions.

Keywords: Beef cattle, growth, grazing, supplementation, beef carcass

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la ganadería de carne en Costa Rica es alcanzar una producción rentable, sostenible y amigable con el ambiente; tales condiciones solo se logran en la medida que se alcance mayor eficiencia en el proceso productivo llevado a cabo en las fincas (Rojas-Bourillón y Campos-Granados, 2015). Un bovino que tenga ganancias de peso bajas será un animal que esté preparado para el mercado en un plazo mayor de tiempo, por lo que presentará costos adicionales asociados a la estancia en la finca, y será un emisor de gases de efecto invernadero (GEI) de mayor magnitud que un animal que por su eficiencia logra alcanzar un peso de venta en el menor plazo (Salazar, 2009; Aguilar-Zalzano y Rojas-Bourillón, 2014).

Uno de los factores que incide sobre la ganancia diaria de peso de los bovinos es la nutrición, siendo común en los sistemas tropicales encontrar limitantes de nutrientes que no permiten una adecuada expresión del potencial productivo de los animales (Ramírez-Barboza et al., 2016). Se ha demostrado que la energía es limitante sobre proteína para sistemas pastoriles del trópico (Rojas-Bourillón y Campos-Granados, 2015). Considerar el uso de subproductos agroindustriales con potencial energético es una de las herramientas en el diseño de los sistemas de alimentación (Arroyo et al., 2003; Villareal et al., 2006).

Cuando se invierte en mejorar líneas genéticas, es necesario compensar por medio de una alimentación balanceada, las demandas de nutrimentos que los animales presentan para lograr producir con índices competitivos en el sistema de producción (Jiménez, 2012). El cruzamiento de razas especializadas para la producción de carne con las líneas cebú empleadas tradicionalmente en el trópico es una de las tendencias que puede disminuir los días transcurridos desde el nacimiento del animal hasta su cosecha (Arango et al., 2000; Ramírez y Uribe, 2010; Huerta-Leidenz et al., 2013; Florez et al., 2014) además de suponer el mejoramiento de la calidad del producto cárnico, la adaptación a las condiciones adversas del trópico húmedo es el factor determinante del éxito para esta estrategia (Córdova et al., 2005; Alvarado-Solano, 2016).

La finalización de los animales consiste en el periodo final en el que el animal alcanza la madurez, conformación y peso ideales para el sacrificio (Feoli, 2002; Mac Loughlin, 2012). Durante esta etapa también puede presentarse una limitación de nutrientes debido a la baja digestibilidad de los tejidos vegetales que constituyen el alimento principal para los bovinos en pastoreo en zonas tropicales (Posada et al., 2012). La eficiencia en el

metabolismo de la energía empleada por el animal, y de la deposición de tejido muscular sintetizado a partir de los compuestos nitrogenados aprovechados de la dieta, son factores claves en la productividad de las explotaciones ganaderas (Arroyo et al., 2003; Graillet-Juárez, 2017).

Los promotores de crecimiento son compuestos sintéticos aplicados al animal con la finalidad de mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes ofrecidos en la ración (Ledezma, 2014). Se agrupan en anabolizantes con efecto estrogénico los cuales favorecen la deposición de tejido graso, y androgenizantes cuyo efecto se manifiesta en mayor deposición de tejido muscular (Avaroma y Roca, 2012). Se ha demostrado que existe sinergismo entre ambos grupos de compuestos, por lo que es común encontrar productos comerciales que combinan ambos principios en un implante (Bolaños e Inga, 2010). Se ha demostrado que el uso de promotores de crecimiento anabólicos incrementa las ganancias diarias de peso en un 10% (Folmer et al., 2005; Yglesias, 2007).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del uso de dos subproductos agroindustriales como suplementos energéticos y de tres promotores de crecimiento sobre las variables productivas de ganancia diaria de peso (GPD), ganancia de peso total (GPT), peso vivo final en finca (PVFF), merma de transporte (M), peso de canal caliente (PCC) y rendimiento en canal (RC), de novillos de dos grupos genéticos finalizados en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la “Finca Rancho Alfa” propiedad del Grupo Alfa, ubicada en la comunidad de Santa Fé del distrito de Aguas Zarcas, del cantón de San Carlos de Alajuela durante febrero de 2013 y setiembre del 2014. Se posiciona geográficamente entre las coordenadas 10°27'48" de latitud norte y 84°20'9" de longitud oeste, a una altitud media de 119 msnm. La temperatura promedio es de 26°C con una humedad relativa del 85% y una precipitación media anual de 3062 mm. El comportamiento climático durante el año se caracteriza por una época lluviosa comprendida entre los meses de mayo y noviembre, y una época seca durante los meses restantes (Rodríguez et al., 2018). La cosecha de los animales fue llevada a cabo en la planta de procesamiento de la Cooperativa Matadero

Nacional de Montecillos Coopemontecillos R.L., ubicada en el cantón Central, distrito San Antonio del Tejar de la provincia de Alajuela.

Animales y sistema de producción

Se utilizaron ochenta y cuatro machos bovinos; castrados a una edad de 12 meses con el método de castración quirúrgica. Los animales fueron de una composición racial cebuina (CB) (42) (Brahman y Nelore) y cruce F_1 *Bos indicus***Bos taurus* (CR) (42) (Brahman x Simmental, Brahman x Pardo suizo, Brahman x Charolaise). El promedio de peso vivo inicial del ensayo fue de $363,7 \pm 37,0$ kilogramos; con una edad promedio de $17,2 \pm 1,93$ meses. Los animales se manejaron durante la fase de campo en un área de pastoreo rotacional comprendida en 9,75 hectáreas establecidas de pasto mombasa (*Panicum maximum* cv. *Mombasa*), el módulo se encontraba dividido por medio de potreros permanentes en 30 apartos de pastoreo de 3250 metros cuadrados, cuyo periodo de ocupación por repasto fue de 24 horas y un descanso de 29 días. Se manejó una fertilización nitrogenada con la fórmula 43-0-0 a razón de 330 kg de nitrógeno por hectárea al año.

Se suministró agua *ad libitum* por medio de abrevaderos estacionarios ubicados en el potrero. Se suministraron 3 raciones con forraje consumido en pastoreo como base principal y suplementación energética. El consumo diario de materia seca (MS) se estimó en un 2,75% del peso vivo, con el cual se calculó la suplementación inicial. El consumo de forraje en pastoreo se estimó por medio del método de reversa, donde se cuantifica el consumo de materia seca por parte del suplemento, y el consumo restante se atribuye al forraje ofrecido *ad libitum* en pastoreo. No se llevó a cabo ajustes en la ración durante el periodo de engorde; se asume que el aumento en el consumo debido a la ganancia de peso se compensa con mayores consumos de forraje. El suministro diario de los suplementos de cada ración se llevó a cabo por medio de la movilización de los animales a un establo con espacios individualizados para la alimentación, ubicado a una distancia promedio de 260 metros de los potreros.

Variables evaluadas

Se evaluó la ganancia de peso diaria (GPD) mediante el pesaje al inicio, durante (mensual) y al final del periodo de engorde, registrado con una balanza electrónica ganadera ($\pm 0,5$ kg). Los pesajes fueron realizados a la misma hora, por el mismo personal y los animales no debían recorrer grandes distancias para llegar al corral de pesaje, ya que las instalaciones fueron las mismas que se empleaban para suministrar el suplemento diariamente. La evaluación fue llevada a cabo de forma metódica de acuerdo con los tratamientos experimentales propuestos en el presente trabajo y que se detallan la siguiente sección.

El proceso de faenado e inspección post sacrificio de los animales se llevó a cabo en función del 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 de proceso se evaluó el peso vivo tras la llegada de los animales, previo al ingreso al proceso de matanza (PVPM), peso de canal caliente una vez faenado cada novillo (PCC), el porcentaje de rendimiento a canal (RC) calculado como una relación porcentual entre el peso resultante de la canal caliente y el peso vivo que presentaba el animal antes de ser sacrificado. Se cuantificó el porcentaje de merma por transporte en los 87,5 km recorridos desde el sistema de producción hasta la planta de matanza, que equivale a la pérdida de peso vivo de los animales por efecto del estrés durante esta movilización.

Tratamientos

Las raciones se formularon considerando un nivel de inclusión de un alimento balanceado de finalización para novillos a razón de un 0,5% del peso vivo inicial en materia seca: 1,82 kg de MS = 2 kg en fresco de alimento balanceado (87% MS) /novillo/día. Los tratamientos se diseñaron según la inclusión de subproductos agroindustriales como fuente de energía; en la ración testigo (D_0) no se adicionó ningún subproducto por lo que se constituyó como el grupo testigo, en la ración 1 (D_1) se adicionó pulpa de cítricos deshidratada: 1,1 kg MS = 1,27 kg fresco de pulpa de cítricos deshidratada (86,5% MS), y en la ración 2 (D_2) se

agregó harina de coquito de palma africana: 1,3 kg MS = 1,39 kg fresco de harina de coquito de palma africana (93,5% MS), (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de las raciones alimenticias para novillos en etapa de finalización en pastoreo, Alajuela, Costa Rica, 2013 – 2014.

Fuente	Ración*		
	D ₀	D ₁	D ₂
Consumo Materia Fresca (kg/animal/día)	47,23	41,73	41,57
Consumo Materia Seca (kg/animal/día)	9,98	9,98	9,98
Proteína cruda (% MS)	12,0	12,0	12,0
Energía digestible (Mcal/kg MS)	2,49	2,61	2,61
Fibra cruda (% MS)	25,0	24,0	25,0
Calcio (g/día)	31,0	54,0	36,0
Fósforo (g/día)	27,0	28,0	35,0
Costo diario de suplemento (USD)	0,81	1,17	1,11

* D₀: raciones suplementarias control, D₁: pulpa de cítricos deshidratada, D₂: harina de coquito de palma africana.

Se empleó una premezcla comercial como fuente de minerales. El balance nutricional se realizó por medio del uso de un modelo de formulación de raciones al mínimo costo para ganado de carne basado en el sistema NRC 2000 (Cuadro 2).

La administración de anabólicos como promotores de crecimiento constó de la aplicación de 3 tratamientos por medio de un implante subcutáneo aplicado en el tercio medio de la cara posterior de la oreja derecha de cada novillo, cuyos ingredientes activos y dosis respectivamente fueron: (I₁) Zeranol 36 mg/novillo, (I₂) 17 β estradiol 24 mg/novillo y (I₃) combinación entre 17 β estradiol 20 mg/novillo y acetato de trenbolona 140 mg/novillo. Además de los tratamientos con promotor de crecimiento se utilizó un tratamiento testigo sin promotor. El periodo de acción de los ingredientes activos por cada dosis aplicada fue de 90 días para I₁, 200 días para I₂ y 90 días para I₃. No se realizó reimplantación aún en los casos donde el periodo de engorde superó los 90 días. El número de animales empleados en el experimento permitió que el experimento fuera balanceado, y para evaluar

el efecto de los promotores de crecimiento se incluyó un control al cual no se le aplicó ningún tratamiento anabolizante. Se utilizaron siete repeticiones por tratamiento con 12 tratamientos experimentales: tres niveles de raciones alimenticias por cuatro niveles de promotores de crecimiento, incluyendo el grupo testigo en cada caso.

Cuadro 2. Niveles de inclusión de las fuentes alimenticias sobre el consumo diario de materia seca para las raciones de suplementación

Ingredientes / Tratamiento*	% del consumo diario de MS		
	D ₀	D ₁	D ₂
Alimento balanceado (%)	18,0	18,0	18,0
Pulpa de cítricos deshidratada (%)	-	11,0	-
Harina de coquito de palma africana (%)	-	-	13,0
Premezcla mineral (%)	1,0	1,0	1,0
Forraje de pastoreo (<i>P. máxima</i> cv. <i>Mombasa</i>) ^a	81,0	70,0	68,0
Relación Forraje: Concentrado (%)	81:19	70:30	68:32

* D₀: raciones suplementarias control, D₁: pulpa de cítricos deshidratada, D₂: harina de coquito de palma africana. MS: materia seca. ^a El consumo de forraje fue estimado por el método de la reversa.

Análisis estadístico

Se empleó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial (3x3); donde el efecto de bloque correspondió al cruce racial R, mientras que el arreglo factorial correspondió a un factor A de dieta (D₀), (D₁) y (D₂) y un factor B de promotor de crecimiento (I₁), (I₂) y (I₃). El espacio muestral total fue de 84 unidades experimentales. Los animales fueron asignados de manera aleatoria a cada tratamiento, por medio de uso de números aleatorios. Para cada dieta se asignaron 28 animales (D₀, D₁ y D₂), y posteriormente se asignaron dentro de cada dieta 7 animales por tratamiento con promotores de crecimiento (I₁, I₂, I₃ y control). Por lo que cada tratamiento con promotor de crecimiento tuvo 21 animales asignados.

El modelo estadístico propuesto según el diseño experimental desarrollado fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + D_j + PC_k + E_l + (RxD)_{ij} + (RxPC)_{ik} + (RxDxPC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta asociada a la j-ésima unidad experimental que recibió el i-ésimo tratamiento

μ = Media general

R_i = efecto del i-ésimo cruce racial

D_j = efecto de la j-ésima dieta

PC_k = efecto del k-ésimo promotor de crecimiento

E_l = efecto de la l-ésima época

$(RxD)_{ij}$ = efecto de interacción del i-ésimo cruce racial por la j-ésima dieta

$(RxPC)_{ik}$ = efecto de interacción del i-ésimo cruce racial por el k-ésimo promotor de crecimiento

$(RxDxPC)_{ijk}$ = efecto de interacción entre el i-ésimo cruce racial por la j-ésima dieta por el k-ésimo promotor de crecimiento

ε_{ijkl} = efecto del l-ésimo error experimental aleatorio

Se realizó el análisis de modelos lineales generales y mixtos para evaluar los efectos del modelo y sus diferencias. Cuando los efectos fueron significativos se ejecutaron pruebas de comparación múltiple de LSD Fisher considerando un nivel de significancia de 0,05. Todos los análisis estadísticos se ejecutaron con el paquete estadístico InfoStat/P® Versión R 3.1.1, Córdoba, Argentina.

RESULTADOS

No se presentó efecto de las interacciones entre factores ($P > 0,05$), por lo que ninguna de las 3 dietas tuvo interacción con alguno de los 3 promotores de crecimiento.

No hubo diferencias en la ganancia de peso diaria ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$) de los novillos alimentados con las tres distintas dietas. Este comportamiento se mostró también para las variables rendimiento pie-canal y peso de la canal caliente. Sin embargo, para el porcentaje de merma (M) sí hubo diferencias ($P < 0,05$) siendo mayor la pérdida de peso en los novillos alimentados con la ración testigo (D_0) respecto a los que consumieron las raciones D_1 y D_2 (Cuadro 3).

No hubo efecto del grupo genético sobre la ganancia de peso diaria (cruce F₁: 1,07±0,03 kg·día⁻¹; cebuínos: 1,06±0,03 kg·día⁻¹), merma (%) M (cruce F₁: 4,51±0,36%; cebuínos: 5,24±0,34%), rendimiento pie-canal (cruce F₁: 54,86±1,89%; cebuínos 55,65±1,83%) y peso de la canal caliente (cruce F₁: 267,77±2,29 kg; cebuínos 269,83±2,29 kg).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de suplementación alimenticia sobre parámetros productivos y características de la canal (medias ± EE) en novillos de finalización.

Variable Tratamiento*	D ₀	D ₁	D ₂
GPD (kg·día ⁻¹)	1,13 ± 0,07 ^a	1,08 ± 0,03 ^a	0,99 ± 0,03 ^a
RC (%)	54,63 ± 2,22 ^a	55,53 ± 1,62 ^a	55,60 ± 1,68 ^a
PCC (kg)	275,59 ± 4,63 ^a	264,65 ± 2,49 ^a	266,16 ± 2,47 ^a
Merma (%)	6,97 ± 0,83 ^a	4,45 ± 0,33 ^b	3,81 ± 0,34 ^b

* D₀: raciones suplementarias control, D₁: pulpa de cítricos deshidratada, D₂: harina de coquito de palma africana. GPD: ganancia de peso diario; RC: rendimiento pie-canal; PCC: peso de canal caliente. EE: error estándar. ^{a,b} Valores con diferente letra indican diferencias entre tratamientos de suplementación alimenticia. P <0,05.

La ganancia de peso diaria varió (P <0,05) según el promotor de crecimiento utilizado. Los animales implantados con I₃ e I₁ presentaron mayores ganancias de peso diaria que los tratados con 17β estradiol y el tratamiento control. Para el rendimiento en canal, los animales que fueron implantados con I₃ presentaron mayores (P <0,05) valores para la variable con respecto a los demás promotores de crecimiento y el grupo control. El peso del canal caliente de los animales del tratamiento control fue menor (P <0,05) respecto del peso de la canal caliente de los animales tratados con algún promotor de crecimiento (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de los promotores de crecimiento sobre parámetros productivos y características de la canal (medias \pm EE) en novillos de finalización.

Variable / Tratamiento	Control	Zeranol (I ₁)	Estradiol (I ₂)	Trenbolona + Estradiol (I ₃)
GPD (kg·día ⁻¹)	0,96 \pm 0,04 ^b	1,11 \pm 0,05 ^a	1,06 \pm 0,05 ^b	1,14 \pm 0,05 ^a
RC (%)	54,55 \pm 2,17 ^b	55,78 \pm 0,86 ^{ab}	55,26 \pm 1,52 ^{ab}	58,28 \pm 1,77 ^a
PCC (kg)	256,07 \pm 3,26 ^b	272,52 \pm 3,74 ^a	268,98 \pm 3,73 ^a	277,62 \pm 3,75 ^a

GPD: ganancia de peso diario; RC: rendimiento pie-canal; PCC: peso de canal caliente. EE: error estándar. ^{a,b} Valores con diferente letra indican diferencias entre tratamientos de suplementación alimenticia. P <0,05.

El efecto de época influyó (P <0,05) sobre las variables ganancia de peso diario, ganancia total de peso, peso vivo final en finca y peso de canal caliente, donde los resultados obtenidos para todas las variables fueron mayores en la época seca. Sin embargo, el efecto de época no influyó sobre la merma o pérdida de peso por transporte (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la época estacional sobre parámetros productivos y características de la canal (medias \pm EE) en novillos de finalización.

Variable / Época	Seca	Lluviosa
Ganancia diaria de peso (kg·día ⁻¹)	1,22 \pm 0,03 ^a	0,91 \pm 0,03 ^b
Ganancia total de peso (kg·ciclo ⁻¹)	161,18 \pm 3,50 ^a	125,03 \pm 4,62 ^b
Peso vivo final en finca (kg·animal ⁻¹)	523,10 \pm 3,49 ^a	486,00 \pm 4,59 ^b
Merma (%)	5,33 \pm 0,31 ^a	4,82 \pm 0,41 ^a
Peso de canal caliente (kg·canal ⁻¹)	278,27 \pm 1,97 ^a	259,32 \pm 2,59 ^b

EE: error estándar. ^{a,b} Valores con diferente letra indican diferencias entre tratamientos de suplementación alimenticia. P <0,05.

DISCUSIÓN

No hubo efecto de interacción ($P > 0,05$) entre los factores cruce racial, dieta y promotor de crecimiento. En otros trabajos, (Dryden, 2016) se ha propuesto que los compuestos anabolizantes actúan en el mejoramiento de la eficiencia alimenticia del animal, a través de su efecto sobre el metabolismo y los factores que condicionan el crecimiento del animal como la fijación de nitrógeno para depositar tejido muscular, o energía para depósito de tejido graso en la canal, por lo que su efecto potencial depende de la concentración de nutrientes aportados por medio de la dieta, por lo que se comporta de forma proporcional a la composición nutricional de las raciones. Al no presentarse una interacción significativa entre los factores dieta y promotor de crecimiento, se podría suponer que el efecto sinérgico entre estos factores podría presentarse a partir cierto nivel de energía en la dieta que potencialice el efecto del promotor, pero deben continuarse los estudios en este sentido. Otros autores han recomendado que no deben emplearse promotores de crecimiento cuando la concentración de nutrientes de la dieta no es suficiente para sostener o producir las ganancias de peso esperadas (Graillet-Juárez et al., 2017).

Los resultados obtenidos demuestran que la adición de 1 kg de subproducto energético (pulpa de cítricos deshidratada y harina de coquito de palma negra) a una dieta para novillos en pastoreo que incluye el consumo de 2 kg de alimento balanceado para finalización (3400 kcal/kg ED) no genera un efecto sobre la ganancia diaria de peso, el rendimiento a canal y el peso de canal caliente, lo cual tiene relación con las experiencias documentadas en México por más de diez años por Calderón (2000) citado por Rojas-Bourillón y Campos-Granados (2015), (Quintana y Díaz, 2005), donde se encontró una mejor respuesta en ganancia de peso diario para novillos en pastoreo suplementados, cuando se tomó como base para establecer el suplemento un 1% del peso vivo, en contraste a emplear un 2%; atribuyendo estos resultados al efecto sustitutivo que genera el suplemento sobre el forraje, y al incremento en la tasa de producción de calor metabólico que en condiciones de estrés calórico (como las presentadas en el estudio) genera una disminución en el consumo voluntario de forraje en el repasto (Villareal et al., 2006).

En relación con el consumo de alimento, en el presente trabajo las raciones se suministraron en horas de la mañana y la respuesta en consumo fue aceptable. Sin embargo, como el grupo testigo (D_0) mostró una tendencia, aunque no significativa, a tener mejor desempeño en la ganancia diaria de peso es posible que cuando las zonas geográficas presentan altas temperaturas durante el día, sea preferible suplementar los

animales durante las tardes, ya que el comportamiento térmico es más favorable y puede generar menos influencia del suplemento, sobre el consumo voluntario de forraje (Blanco, 1999; Lopes do Nascimento et al., 2009).

La merma de los animales durante el transporte a la planta de cosecha fue mayor para los novillos que consumieron la ración testigo y esto podría relacionarse con el efecto sustitutivo que tuvo el suplemento sobre el consumo voluntario de forraje, dado que los animales con mayores consumos de forraje presentan mayor distensión de las cavidades gastrointestinales (Lopes do Nascimento et al., 2009), aumentado su volumen, por lo que el llenado gástrico representa un mayor porcentaje de su peso vivo (Mac Loughlin, 2012; Ramírez, 2014) y conforme sea mayor la relación F: S, mayores van a ser las pérdidas de peso asociadas al vaciado gástrico (Ramírez, 2014; Dryden, 2016).

La ganancia diaria de peso ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$) del tratamiento con estradiol (I_2) no presentó diferencias ($P > 0,05$) respecto del grupo control sin promotor de crecimiento. Estos resultados difieren de los reportados por Cleale et al. (2013) donde se encontró que el efecto de aplicar estradiol no difirió del uso de trenbolona, o de la combinación de ambos tratamientos, mientras que los tres a su vez fueron diferentes del grupo control, aunque este trabajo fue realizado en novillas manejadas en feedlot, lo que podría influir en los resultados con respecto de los novillos utilizados en el presente trabajo. Otros estudios han comparado distintos niveles de estradiol y trenbolona aplicados en combinación, y se ha encontrado que no hay diferencias para las ganancias de peso en novillos en feedlot (Ortez y Valladares, 2012; Hilscher et al., 2016).

En novillos finalizados en condiciones de pastoreo se han llevado a cabo comparaciones entre los efectos del uso de zeranol (I_1) y trenbolona combinado con estradiol (I_3), encontrándose que no hay diferencias entre los resultados para ganancia diaria de peso (Avaroma y Roca, 2012) lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo donde los novillos tratados tanto con zeranol (I_1) como la combinación entre trenbolona y estradiol (I_3) no presentaron diferencias para la ganancia diaria de peso.

Para la ganancia de peso diario, el tratamiento combinado (I_3) fue diferente ($P < 0,05$) respecto del tratamiento con estradiol (I_2) con valores de $1,14 \pm 0,05$ y $1,06 \pm 0,05$, respectivamente, y esa diferencia se podría explicar desde el punto de vista sinérgico que establece la combinación entre compuestos de efecto androgénico con otros de efecto estrogénico, sobre la capacidad anabolizante del tratamiento (Yglesias, 2007; Folmer et

al., 2009). Estos resultados se podrían justificar porque los implantes que presentan combinaciones andro y estrogénicas presentan una mejor respuesta como promotores de deposición de tejidos, que aquellos que únicamente emplean una sola vía (Rosero y Gómez, 2014). El tratamiento con zeranol (I_1) no presentó diferencias ($P > 0,05$) con respecto al tratamiento I_3 para la ganancia de peso diaria ($1,11 \pm 0,05$), lo que se podría explicar por hecho de que el tratamiento I_1 presentó una mayor concentración de ingrediente activo de componente estrogénico (36 mg Zeranol) que probablemente se compensó con el efecto sinérgico de tener componentes estro y androgénicos (I_3) (Avaroma y Roca, 2012).

Con respecto del uso de promotores de crecimiento, la diferencia ($P < 0,05$) entre utilizar promotores de efecto combinado andro y estrogénico (I_3) respecto del grupo control sin promotor fue del orden de un 18% para la ganancia de peso diario. Otros trabajos han reportado diferencias en el uso de promotores de crecimiento respecto al grupo control (Yglesias, 2007; Folmer et al., 2009; Cleale et al., 2013; Rosero y Gómez, 2014). En otras variables como el peso de la canal caliente, se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando se utilizaron tratamientos con promotor de crecimiento respecto del grupo control y esto se puede explicar por el principio de mayor deposición de tejido muscular, producto del anabolismo que desencadenan los compuestos esteroideos presentes en cada tratamiento (Folmer et al., 2005; Arenas de Moreno et al., 2008; Orellana et al., 2009).

La región Huetar Norte de Costa Rica presenta condiciones húmedas, y durante la época seca a pesar de que el régimen de lluvias baja considerablemente, ocasionalmente caen algunas lluvias. Por el contrario, la época lluviosa, concentra precipitaciones de mucha intensidad, lo que provoca grandes pérdidas en el forraje producido por pisoteo, además de disminuir la producción de biomasa, disminución causada por tener mayor nubosidad durante los días, restando horas luz, que impiden el máximo desempeño fotosintético de las plantas forrajeras (Ardaya y Zapata, 1999; Córdova et al., 2005). Los resultados obtenidos en el presente trabajo mostraron que durante la época seca se presentaron mejores ganancias de peso diario que en época lluviosa y de igual manera mayor ganancia total de peso durante el engorde (kg), mayor peso vivo final en la finca (kg) y canales (kg) más pesadas en los novillos finalizados durante la época seca, respecto a los animales finalizados durante la época lluviosa.

Respecto a la merma porcentual de peso sufrida por los novillos durante el transporte a la planta de cosecha, no se presentaron diferencias significativas al hacer el comparativo entre épocas, y este resultado es probable que se atribuya a que dicha merma responde más a las características de la ración que influyen sobre el volumen del sistema gastrointestinal, dado que son las características de la dieta las que van a determinar el consumo y la tasa de pasaje y retención de los alimentos en el sistema digestivo del rumiante (Rodríguez-Rodríguez y WingChing-Jones, 2012). Hubo un menor porcentaje de merma por transporte en los animales que recibieron una suplementación más energética, lo que coincide con lo reportado por Rodríguez-González et al., (2018) en animales *Bos taurus*, *Bos indicus* y cruces F_1 *Bos taurus** *Bos indicus* suplementados con 3,0 y 3,5 Mcal/kg materia seca, lo que sugiere que raciones más calóricas pueden compensar el estrés que sufren los animales antes del transporte a la planta de cosecha.

Finalmente, analizando el componente racial de los grupos de novillos evaluados, los resultados evidencian que no existieron diferencias significativas entre los grupos genéticos para ninguna de las variables evaluadas. Para las condiciones de este trabajo, los cebuínos (*Bos indicus*) y el cruce F_1 con razas *Bos taurus* tuvieron un mismo comportamiento productivo para ganancia diaria de peso ($\text{kg}\cdot\text{día}^{-1}$), ganancia de peso total por ciclo (kg), peso vivo final (kg), merma de transporte (%) y peso de canal caliente (kg). Este resultado puede estar influenciado por la resistencia y mejor adaptación que presentan los cebuínos a las condiciones ambientales presentes en zonas tropicales (Pusineri y Ocampos, 2004; Rodríguez-Rodríguez y WingChing-Jones, 2012; Martínez et al., 2015), donde en futuros estudios se debería comparar estos resultados con los que se obtendrían al evaluar el comportamiento de razas más adaptadas y con un nivel de cruzamiento distinto al F_1 .

CONSIDERACIONES FINALES

Considerando el tamaño de la muestra evaluada y las condiciones del estudio, la adición de un suplemento energético no tiene efecto sobre la ganancia diaria de peso, el peso vivo final en finca, el peso de canal caliente y rendimiento a canal, partiendo de una ración de pastoreo rotacional con fertilización y suplementación estratégica, sin embargo, aumentar la proporción de suplemento si repercute sobre la pérdida de peso durante el transporte (merma). El uso de promotores de crecimiento de efecto androgénico o combinado mejora la ganancia diaria de peso, y el uso de algún promotor de crecimiento anabolizante aumenta el peso de la canal caliente. El factor racial no tuvo efecto sobre las variables evaluadas. Finalmente, la época influyó sobre la ganancia diaria de peso y el peso vivo final en finca, más no tuvo efecto sobre la merma ya que se relaciona más con la ración.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Zalzano, E., A. Rojas-Bourillón. 2014. Métodos utilizados para reducir la producción de metano endógeno en rumiantes. *Nutrición Animal Tropical* 8(2): 72 – 90.
- Alvarado-Solano, M. 2016. Efecto de la castración sobre el crecimiento del animal, la calidad de la canal *in vivo* y el rendimiento *post mortem* de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu – Charbray, en un sistema estabulado en Guápiles, Pococí, Limón. Tesis Lic, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Arango, A., J. Gaviria, C. Montoya. 2000. Heterosis para el peso y la ganancia de peso desde el nacimiento hasta los 18 meses en el cruce de bovinos Aberdeen Angus por Cebú. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias* 53(1): 863 – 885.
- Ardaya, J., P. Zapata. 1999. Efecto de la castración en la ganancia de peso, el rendimiento y la calidad de canal de los bovinos machos semiestabulados en la EARTH. Tesis Lic, EARTH, Guácimo, Costa Rica.
- Arenas de Moreno, L., M. Giuffrida-Mendoza, L. Bukmes, S. Uzcátegui-Bracho, N. Huerta-Leidenz, N. Jerez'Timaure. 2008. Efecto de la suplementación estratégica, régimen de implantes y condición sexual sobre la composición proximal y mineral de la carne de bovinos cruda y cocida. *Revista Científica* 18(1): 65 – 72.
- Arroyo, C., A. Rojas-Bourillon, R. Rosales. 2003. Urea o pollinaza como suplemento proteico para toretes consumiendo ensilaje de pulpa de pejibaye. *Agronomía Costarricense* 27(2): 69 – 73.
- Avaroma, J.P., R. Roca. 2012. Evaluación de dos implantes anabólicos combinados con dos bioestimulantes en el engorde de Novillos en la Finca Santa Elisa, El Paraíso, Honduras. Tesis Lic, Zamorano, Honduras.
- Blanco, M. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Bolaños, T., R.W. Inga. 2010. Evaluación de ganancia de peso en toretes Charolais mediante la aplicación de dos anabólicos (Revalor G Y Blondenona) frente a animales castrados en la provincia de Morona Santiago. Tesis Lic, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

- Cleale, R.M., D. Amodie, D.T. Bechtol, J.S. Drouillard, J.D. Edmonds, M. Edmonds, B.D. Hunsaker, L.A. Kraft, T.E. Lawrence, R.D. Rulli, A.R. Waite. 2013. Effects of estradiol benzoate and trenbolone acetate, alone or in combination at dose levels present in Synovex Choice, on performance by feedlot heifers. *Journal of Animal Science* 91: 970 – 977.
- Córdova, A., G. Rodríguez, M. Córdova, C. Córdoba, J. Pérez. 2005. Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en el trópico húmedo. *Revista MVZ Córdoba* 10(1): 589 – 592.
- Dryden, G.M. 2016. *Ciencia de la Nutrición Animal*. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.
- Feoli, C. 2002. Efecto de la edad y el sexo del ganado cebuino de dos zonas del norte de Costa Rica sobre el rendimiento y las características de calidad de la carne. Tesis Lic, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Florez, H., G. Martinez, H. Ballesteros, L. León, S. Castañeda, E. Moreno, L. Arias, J. Torres, C. Rodríguez, F. Peña, A. Uribe. 2014. Rendimiento en carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con cebú en las condiciones de la Orinoquia colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4: 12 – 15.
- Folmer, J.D., T.B. Farran, G.E. Erickson, T.J. Klopfenstein, C.D. Reinhardt, B.D. Dicke, J.S. Drouillard. 2005. Evaluation of Initial Implants for Finishing Steers. *Nebraska Beef Report*: 78 – 81.
- Folmer, J.D., T.B. Farran, G.E. Erickson, T.J. Klopfenstein, C.D. Reinhardt, B.D. Dicke, J.S. Drouillard, M.N. Streeter, J.T. Vasconcelos. 2009. Evaluation of Revalor-IH and Revalor-IS as Initial Implants Compared with Traditional Initial Implants for Finishing Heifers and Steers. *The Professional Animal Scientist* 25: 580 – 585.
- Graillet-Juárez, E., R. Arrieta-Román, M. Aguilar-Garza, L. Alvarado-Gómez, N. Rodríguez-Orozco. 2017. Ganancia de peso diario en toretes de iniciación en pastoreo suplementados con bloques nutricionales. *Revista electrónica de Veterinaria (REDVET)* 18(1): 1 – 15.
- Hilscher Jr. F.H., M.N. Streeter, K.J. Vander Pol, B.D. Dicke, R.J. Cooper, D.J. Jordon, T.L.

- Scott, A.R. Vogstad, R.E. Peterson, B.E. Depenbusch, G.E. Erickson. 2016. Effect of increasing initial implant dosage on feedlot performance and carcass characteristics of long-fed steer and heifer calves. *The Professional Animal Scientist* 32: 53 – 62.
- Huerta-Leidenz, N., O. Hernández, A. Rodas-González, J. Ordoñez, H. Pragas, E. Rincón, A. Del Villar, B. Bracho. 2013. Peso corporal y rendimiento en canal según clase sexual, tipo racial, condición muscular, edad y procedencia de los bovinos venezolanos. *Revista Nacameh* 7(2): 75 – 96.
- Jiménez, A., C.M. Perdomo, C. Martínez. 2012. Evaluación genética de las razas cebuínas y sus cruces (IV Parte) Resultados para datos de sacrificio, canal y rendimiento cárnico. *Revista El Cebú*. Mayo-Junio.
- Ledezma, B.A. 2014. Utilización de implantes anabolizantes en la producción de carne bovina. Monografía que se presenta como requisito parcial de graduación, Tesis Lic, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Cauca, Colombia
- Lopes do Nascimento, M., Y. Baldini, J. Lopes do Nascimento. 2009. Consumo voluntario de bovinos. *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)* 10(10): 1 – 27.
- Mac Loughlin, R. 2012. Peso vivo de terminación en engordes intensivos de bovinos. *Investigación y Desarrollo Agropecuario*. Argentina.
- Martínez, M., B. Vargas, J. Cordero, I. Chacón. 2015. Diversidad genética entre subpoblaciones raciales bovinas de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 39(2): 33 – 45.
- Orellana, C., F. Peña, V. Domenech, J. Martos. 2009. Características de la canal y rendimiento en cortes comerciales en novillos Criollo Argentino y Bradford criados en sistemas extensivos ecológicos. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias* 4(4): 489 – 495.
- Ortez, O., E. Valladares. 2012. Ganancia diaria de peso en novillos tratados con dos tipos de implantes anabólicos y alimentados con caña de azúcar. Tesis Lic, Zamorano, Honduras.
- Posada, S., R. Rosero, N. Rodríguez, A. Costa. 2012. Comparación de métodos para la

determinación del valor energético de alimentos para los rumiantes. Revista MVZ Córdoba 17(3): 3184 – 3192.

Pusineri, J., 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. Revista Investigación Agraria, 6(2): 29 – 33.

Quintana, F., J. Díaz. 2005. La canal bovina. II. Rendimiento, calidad y comercialización. Revista Asociación Cubana de Ciencia Animal: 2: 52 – 54.

Ramírez, H., L. Uribe. 2010. Heterosis, otra alternativa en sistemas de producción bovina. Universidad de Caldas, Colombia. Revista Veterinaria Zootécnica. 4(1): 52 – 62.

Ramírez, U . 2014. Uso de soluciones electrolíticas y glicerol para reducir el estrés y las mermas del ganado durante el transporte. Tesis MSc, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Ramírez-Barboza, J.I., A. Valverde-Abarca, A. Rojas-Bourillón. 2016. Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. Agronomía Mesoamericana 28(1): 43 – 57.

Rodríguez-González, K., A. Valverde Abarca, J. Rodríguez-González, O. Murillo-Bravo, M. Camacho-Calvo. 2018. Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos. Agronomía Mesoamericana, 29(1), 105-122.

Rodríguez-Rodríguez, P., R. WingChing-Jones. 2012. Pérdida de peso en bovinos *Bos indicus* y *Bos taurus* durante el proceso de subasta. Agronomía Mesoamericana 23(2): 353 – 357.

Rojas-Bourillón, A., C. Campos-Granados. 2015. Hacia sistemas más intensivos en la producción de carne bovina: pastoreo con suplementación, semiestabulación y estabulación. Revista UTN Informa al sector agropecuario 74(1): 14 – 20.

Rosero, D., C. Gómez. 2014. Efecto del implante anabólico Revalor® en el engorde de novillos enteros y castrados por elastración en la hacienda Guapinolapa, comunidad Puerto Díaz, Departamento de Chontales, Nicaragua. Tesis Lic, Zamorano, Honduras.

Salazar, L. 2009. Evaluación y rendimiento en canales de res y de cerdo e impacto

económico en la industria cárnica. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Industrias Pecuarias, Caldas, Colombia.

Villareal, M., R.C. Cochran, A. Rojas-Bourrillón, O. Murillo, H. Muñoz, M. Poore. 2006. Effect of supplementation with pelleted citrus pulp on digestibility and intake in beef cattle fed a tropical grass-based diet (*Cynodon nlemfuensis*). *Animal Feed Science and Technology* 125: 163 – 173.

Yglesias, H. 2007. Efecto del Revalor® en novillos elastrados estabulados. Tesis Lic, Zamorano, Honduras.