

## Crecimiento, características de la canal y calidad de carne de toros jóvenes de tres biotipos sometidos a reimplante y suplementación en sabana tropical mejorada

Nelson Huerta-Leidenz<sup>1,2</sup>   Nancy Jerez-Timaure<sup>3</sup>  Jhones Onorino Sarturi<sup>2</sup>   Omar Verde Sandoval<sup>4</sup>  Argenis Rodas-González<sup>5</sup>  

Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

### Growth performance, carcass traits, and beef quality of bullocks of three biotypes subjected to reimplantation and supplementation on improved tropical savanna.

**Abstract:** The objective was to evaluate the effects of biotype and its interactions with nutritional supplementation model and reimplantation scheme on growth, carcass characteristics, cutout yield and meat quality of bullocks. Yearling bulls (representing three biotypes: Predominant *Bos indicus* (ZEBU, n = 24); tropically-adapted taurine x ZEBU crossbred (TROP-Taurus-Indicus, n = 32) and European *B. taurus* x ZEBU crossbred (EURO-Taurus-Indicus, n = 33)) were randomly assigned to pasture supplementation models [mineral, n = 52] vs. protein-energy (STRT-SUPPL, n = 37) and reimplantation schemes [repeated (day-0, day-90) Zeranol-72mg (ZER-ZER, n = 44) vs. Trenbolone acetate-140 mg+Estradiol-17 $\beta$ -20mg (day-0) and Zeranol-72mg (day-90) (ATBES-ZER, n = 45)] during 220.95 $\pm$ 25.02 days to be compared in growth performance, carcass traits, cutability, textural [shear force (WBSF)] and sensorial quality (descriptive sensory ratings) of loins (*longissimus lumborum*) excised at 48 h *postmortem*. Variance analysis included effects of biotype, supplementation, reimplantation and interactions. EURO-Taurus-Indicus significantly outperformed TROP-Taurus-Indicus and ZEBU counterparts in body weight, daily gain, carcass weight, and frequency of the top Venezuelan quality grade for bullocks/bull carcasses ( $\chi^2$ , P < 0.015). More than 60 % of carcasses derived from Tauro-índicus biotypes reached the top (USDA 1) yield grade ( $\chi^2$ , P = 0.022). The lowest cooking losses were recorded in EURO-Taurus-Indicus steaks (P = 0.004). Under STRT-SUPPL and ZER-ZER reimplantation the EURO-Taurus-Indicus exhibited lower (4.72 kg, P < 0.001) WBSF values than TROP-Taurus-Indicus (5.57 kg) and ZEBU (6.29 kg). Under STRT-SUPPL, steaks from ATBES-ZER-re-implanted ZEBU bullocks required lower (P = 0.023) WBSF than those from ZER-ZER-counterparts. Conversely, in EURO-Taurus-Indicus under STRT-SUPPL, those re-implanted with ATBES-ZER exhibited greater WBSF (P < 0.001) than their ZER-ZER counterparts. Under mineral supplementation and ATBES-ZER reimplantation, WBSF of ZEBU was lower than TROP-Taurus-Indicus (P < 0.001). Meat sensory ratings did not vary with biotype or treatment (P  $\geq$  0.49). Crossbreeding European *B. taurus* x ZEBU can improve growth performance and Venezuelan bullock carcass grading, with lower cooking losses of steaks which exhibited lower WBSF under protein-energy supplementation and zeranol reimplantation.

**Keywords:** beef, bullocks, carcass, saleable yield, cutability, eating quality.

**Resumen:** El objetivo fue evaluar efectos del biotipo y sus interacciones con modelo de suplementación y tipo de reimplante sobre rasgos de crecimiento y canal, rendimiento carníero y calidad de carne de toretes. Toretos añosos representando tres biotipos: predominante *Bos indicus* (CEBÚ, n = 24), taurino tropicalmente adaptado x CEBÚ (TROP-Tauro-índicos, n = 32), y taurino de origen europeo x CEBÚ (EURO-Tauro-índicos, n = 33) fueron asignados aleatoriamente a modelos de suplementación a pastoreo [mineral (n = 52) vs. estratégica proteico-energética (SUPPL-STRT, n = 37)] y reimplante [zeranol, 72mg, repetido (día-0, día-90) (ZER-ZER, n = 44) vs. acetato de trembolona, 140 mg + estradiol-17 $\beta$ -20mg (día-0) y zeranol, 72mg (día-90) (ATBES-ZER, n = 45)] durante 220,95 $\pm$ 25,02 días. Se evaluaron rasgos de crecimiento, canal, y calidad de lomos (*longissimus lumborum*) a 48 horas

Recibido: 2022-06-22. Aceptado: 2023-02-14

<sup>1</sup>Autor de correspondencia: nelson.huerta@ttu.edu

<sup>2</sup>Dirección actual: <sup>1</sup>Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University. Box 42141. Lubbock, Texas 79409-2141

<sup>3</sup>Dirección actual: Instituto de Ciencia Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

<sup>4</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela.

<sup>5</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agricultural & Food Sciences, University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba R3T 2N2, Canadá.

*postmortem*. El análisis de varianza incluyó, como efectos fijos, biotipo, modelo de suplementación, reimplante e interacciones. EURO-Tauro-Índicos presentaron mayor ganancia diaria de peso, peso vivo y de canal, y frecuencia de máxima categoría venezolana en canal que los demás biotipos ( $P < 0.015$ ). Más del 60 % de canales Tauro-Índicos alcanzaron el primer grado estadounidense de rendimiento carnicero ( $\chi^2$ ,  $P = 0.022$ ). Bistés de EURO-Tauro-Índicos registraron las menores pérdidas por cocción ( $P = 0.004$ ). Bajo SUPPL-STRT y ZER-ZER, bistés de EURO-Tauro-Índicos requirieron menor fuerza de corte Warner-Bratzler (FCWB) que TROP-Tauro-Índicos y CEBÚ ( $P < 0.001$ ). Bajo SUPPL-STRT, bistés de CEBÚ con ATBES-ZER requirieron menor FCWB que homólogos con ZER-ZER ( $P = 0.023$ ). Contrariamente, bajo SUPPL-STRT, bistés de EURO-Tauro-Índicos con ATBES-ZER requirieron mayor FCWB ( $P < 0.001$ ) que homólogos con ZER-ZER. Bajo SUPPL-MIN y ATBES-ZER, la FCWB de CEBÚ fue menor que TROP-Tauro-Índicos ( $P < 0.001$ ). Las calificaciones sensoriales de la carne no variaron con biotipo o tratamientos ( $P \geq 0.49$ ). Cruzando taurinos de origen europeo x CEBÚ se logra mejor desempeño productivo y clasificación venezolana en canal de toretes, con pérdidas menores por cocción de bistés y que presentan una menor FCWB al ser sometidos a suplementación proteico-energética y reimplante de zeranol.

**Palabras clave:** carne bovina, torete, canal, rendimiento carnicero, calidad sensorial.

## Crecimiento, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos de três biótipos tratados com reimplante e suplementação em cerrado tropical melhorado

**Resumo.** Objetivou-se avaliar os efeitos do biótipo e suas interações com o modelo de suplementação e tipo de reimplante sobre o crescimento e características de carcaça, rendimento de abate e qualidade da carne de touros. Touros envelhecidos representando três biótipos: predominantemente *Bos indicus* (ZEBU,  $n = 24$ ), tauromaquia adaptada tropicalmente x CEBU (TROP-Taurus-Indicus,  $n=32$ ), e tauromaquia de origem europeia x CEBU (EURO-Taurus-Indicus,  $n = 33$ ) foram aleatoriamente designados para modelos de suplementação de pastejo [mineral ( $n = 52$ ) vs. estratégia proteína-energia (SUPPL-STRT,  $n = 37$ )] e reimplante [zeranol, 72mg, repetido (dia-0, dia-90) (ZER-ZER,  $n = 44$ ) vs. acetato de trembolona, 140 mg + estradiol-17 $\beta$ -20mg (dia-0) e zeranol, 72mg (dia-90) (ATBES-ZER,  $n = 45$ )] por 220,95 $\pm$ 25,02 dias. As características de crescimento, carcaça e qualidade do lombo (*longissimus lumborum*) foram avaliadas 48 horas *post mortem*. A análise de variância incluiu, como efeitos fixos, biótipo, modelo de suplementação, reimplante e interações. EURO-Taurus-Indicos apresentou maior ganho de peso diário, peso vivo e de carcaça e frequência de categoria venezuelana máxima em carcaça do que os demais biótipos ( $P < 0,015$ ). Mais de 60 % das carcaças de índios taurinos atingiram o primeiro grau americano de rendimento de carne ( $\chi^2$ ,  $P = 0,022$ ). Os bifes EURO-Taurus-Indicos registraram as menores perdas por cocção ( $P = 0,004$ ). Sob SUPPL-STRT e ZER-ZER, bifes de índios EURO-Taurus exigiram menos força de corte Warner-Bratzler (FCWB) do que TROP-Taurus-Indians e ZEBU ( $P < 0,001$ ). Sob SUPPL-STRT, os bifes ATBES-ZER ZEBU exigiram menos FCWB do que os equivalentes ZER-ZER ( $P = 0,023$ ). Por outro lado, sob SUPPL-STRT, os bifes ATBES-ZER EURO-Taurus-Indian exigiram maior FCWB ( $P < 0,001$ ) do que os equivalentes ZER-ZER. Sob SUPPL-MIN e ATBES-ZER, o FCWB de CEBU foi menor do que TROP-Taurus-Indicos ( $P < 0,001$ ). As qualificações sensoriais da carne não variaram com o biótipo ou tratamentos ( $P \geq 0,49$ ). Cruzando taurinos de origem européia x CEBU, consegue-se melhor desempenho produtivo e classificação venezuelana em carcaça de touros, com menores perdas por cozimento do bife e que apresentam menor FCWB quando submetidos à suplementação proteico-energética e reimplante de zeranol.

**Palavras-chave:** carne bovina, touro, carcaça, rendimento de carne, qualidade sensorial.

### Introducción

Por más de 40 años, los productores vaca-becerro en las sabanas neotrópicas inundables del estado Apure, Venezuela, han intentado mejorar la genética del hato predominantemente constituida por tipos *Bos indicus*, de pobre desempeño productivo (Plasse, 1992; Pereira *et al.*, 2015) y calidad inferior de carne (Crouse *et al.*, 1993; Schutt *et al.*, 2009; Phelps *et al.*, 2017). Los programas de selección y cruzamientos se han enfocado principalmente en mejorar indicadores de crecimiento y reproductivos (Plasse *et al.*, 1995, Romero

*et al.*, 2000; Plasse *et al.*, 2002). Sin embargo, como en otros programas de mejoramiento genético en el trópico (Gathura *et al.*, 2020), no se ha trabajado para mejorar otros rasgos de importancia económica, como los de la canal y la calidad de la carne. Estas características son de especial relevancia, ya que hay mayores oportunidades para el mejoramiento de la calidad de la carne en razas adaptadas al trópico versus las de clima templado (Johnston *et al.*, 2003).



Además de los beneficios en rasgos de desempeño productivo antemortem al cruzar *Bos taurus* (taurinos) x *Bos indicus* (cebuínos), la calidad de la carne de los toros mestizos tauro-índicos pudiera verse favorecida por el vigor híbrido. Una importante reducción en la fuerza de corte Warner-Bratzler (FCWB) en carne de toros tauro-índico finalizados a pasto, sugiere que la heterosis para terneza puede ser más relevante que en los finalizados a grano (Gama *et al.*, 2013). El afán de algunos productores locales por mestizar cebuínos en busca del vigor híbrido (Plasse *et al.*, 1995, Plasse, 2000) y aprovechar la existencia de un sistema de clasificación venezolano de carnes por calidad (Decreto No. 1896, 1997) justifica comparar el mérito de la canal y la calidad de la carne entre biotipos no tradicionales, adaptables al trópico.

Se sabe que los animales cruzados tienen mayores exigencias proteico-energético para desarrollar su potencial genético (Scheffler, 2022). Modelos de suplementación (mineral vs. proteico-energética) durante la fase de crecimiento no han afectado la calidad de la carne de toros (Torrecilhas *et al.*, 2021). Sin embargo, en la zona de interés, con mejor infraestructura de irrigación (Smith *et al.*, 2006) y el cultivo de nuevas especies forrajeras de mayor calidad nutricional que la vegetación nativa (Lascano, 1991; Tejos *et al.*, 2005), se ha sugerido suplementar estratégicamente nutrientes deficitarios en el pasto (proteína, energía y minerales) para optimizar la respuesta animal (Byers *et al.*, 1997; Chacón y Marchena, 2008). Por otra parte, el uso de implantes (esteroideos y no esteroideos) se ha evaluado ampliamente para acelerar crecimiento de bovinos bajo condiciones intensivas de clima templado (Johnson *et al.*, 2013; Garmyn y Miller, 2014; Duckett *et al.*, 2016;

Smith y Johnson, 2020; Webb *et al.*, 2020) y condiciones extensivas del trópico (Araujo-Febres and Pietrosevoli, 1991; Morón-Fuenmayor y Rumbos-Gómez, 1997ab). La literatura abunda sobre el uso de implantes agresivos en forma repetida y su impacto sobre calidad de la canal y de la carne en ganado cebado a corral, pero persisten vacíos de información cuando se trata de ganado finalizado a pasto. Los resultados han sido controvertibles para la calidad de carne de hembras y machos castrados, con genotipos predominantemente taurinos (Platter *et al.*, 2003; Duckett and Pratt, 2014; Garmyn and Miller, 2014; Lean *et al.*, 2018). Implantaciones únicas o esquemas de reimplantación de compuestos anabolizantes (reimplante) se han asociado con una mayor FCWB, pero sin afectar las puntuaciones sensoriales descriptivas de la terneza (Lean *et al.*, 2018). Sin embargo, son escasos los estudios realizados sobre la calidad de la carne de toros o toretes. En las sabanas mejoradas de Apure, Huerta-Leidenz *et al.* (2021, 2022) reportaron diferencias en el desempeño productivo y en la calidad de carne de toretes, de acuerdo con modelo de suplementación y tipo de reimplante.

La hipótesis del presente estudio es que el producto terminal del cruzamiento (biotipos con variada adaptabilidad de la línea paterna al trópico), influye e interactúa con el modelo de suplementación y el reimplante, afectando el desempeño productivo y las características cualitativas de la canal y de la carne. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos fijos independientes del biotipo y sus interacciones con el modelo de suplementación nutricional y el tipo de reimplante de compuestos anabolizantes sobre el peso corporal, ritmo de ceba, características de la canal, rendimiento carnicero y calidad de la carne de toretes.

## Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo de conformidad con las directrices del Código de Bioética y Bioseguridad del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCT-FONACIT, 2002), adoptado por el Instituto de Investigaciones Agronómicas y supervisado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico en La Universidad del Zulia (Protocolo de Proyecto CONDES-LUZ # CC-0390-04).

### Ubicación y ecosistema

El ecosistema de sabana y la infraestructura hidráulica (módulos de pastoreo) en el estado Apure se han descrito previamente (Torres, 1994; Sarmiento *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2006) mientras que otros autores (Riera-Sigala *et al.*, 2004; Tejos *et al.*, 2005; Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz,

2009) han detallado la ubicación del experimento. El área total del módulo de pastoreo (pastos cultivados) fue de 451.4 ha, dividido en 61 potreros de 7.4 ha cada uno. El pasto predominante fue el tanner (*Brachiaria arrecta*), y en menor proporción, pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pará (*Brachiaria mutica*) y alemán (*Echinochloa polystachia*). Para evitar el sesgo potencial atribuido al efecto de potrero, los grupos experimentales se mantuvieron bajo pastoreo rotativo (28 días) con ocupación de siete días e intervalos de reposo de 21 días, lo que resultó en una carga de 2.4 unidades animales/ha. Los experimentos empezaron al comienzo de la temporada de sequía (mediados de noviembre) cuando la mayor parte del área se torna seca y el agua está restringida a algunas corrientes, lagunas y estanques (irrigación de forraje nativo y cultivado de temporada seca). El experimento se concluyó a principios



de agosto (temporada de lluvias). Durante este período, la precipitación media era de 92.6 mm (un mínimo de 1.4 mm en enero y un máximo de 267 mm en julio). La humedad relativa promedio osciló de 69 a 75 %, mientras que la temperatura promedio osciló entre 25.7 y 28.6 °C. La composición nutricional (en base a MS) se estimó en promedio durante el periodo de pastoreo por Huerta-Leidenz *et al.* (2021). Los valores promedio para las temporadas seca y lluviosa, fueron: nutrientes digestibles totales: 59 y 63 %; proteína cruda: 5.1 y 8.8 %; calcio 0.27 y 0.30 %; y fósforo, 0.26 y 0.29 %, respectivamente.

### Cruzamientos y manejo de los animales

El plan de mejora genética del hato y el manejo general en la finca fueron descritos en detalle por Plasse *et al.* (1995) y Riera-Sigala *et al.* (2004). El esquema de gestión antes y después de la ceba de estos toretes lo describieron Huerta-Leidenz *et al.* (2021). Al comienzo del experimento se seleccionó al azar un grupo de 89 becerros sin castrar (toretos) de seis grupos raciales, convencionalmente denominados Brahman, "Cebú mestizos Comerciales", F<sub>1</sub> Angus, F<sub>1</sub> Simmental, F<sub>1</sub> Senepol, y F<sub>1</sub> Romosinuano. Los Brahman eran hijos de sementales y de vacas registradas y no registradas Brahman, pertenecientes todos al hato élite. Los "Cebú Mestizos Comerciales" eran descendientes de sementales Cebú puros no registrados o Brahman puros registrados (provenientes del hato élite), apareados con vacas comerciales de alto mestizaje Brahman o Cebú (65 a 75 % *Bos indicus*). Los mestizos F1 eran hijos de vacas comerciales de alto mestizaje Brahman o Cebú, inseminadas artificialmente con

sementales *Bos taurus* de origen europeo (Angus o Simmental) o sementales *Bos taurus* de razas adaptadas al trópico (semen de toros Senepol o monta natural con toros Romosinuano).

### Biotipos y asignación de tratamientos

Para cumplir los objetivos del experimento, seis grupos raciales se clasificaron en tres biotipos que fueron definidos como sigue: (a) Biotipo CEBÚ, constituido por descendientes de sementales *Bos indicus*, y por ende, adaptado al trópico, producto de la agrupación de datos de los Brahman y Cebú Mestizos Comerciales (n = 24); (b) Biotipo TROP-Tauro-Índicos, constituido por descendientes de sementales *Bos taurus* adaptados al trópico, producto de la agrupación de datos de los F<sub>1</sub> Senepol, y F<sub>1</sub> Romosinuano (n = 32) y (c) Biotipo EURO-Tauro-Índicos, constituido por descendientes de sementales de razas de clima templado de origen europeo, producto de la agrupación de datos de los F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental (n = 33).

La asignación de tratamientos al grupo experimental de toretes había sido descrita por Huerta-Leidenz *et al.* (2021). En breve, los toretes fueron asignados aleatoriamente a los cuatro grupos de tratamiento [dos modelos de suplementación a pastoreo y dos tipos de administración de compuestos anabolizantes (reimplantes)], procurando el equilibrio de observaciones por tipo racial, peso vivo inicial y tratamiento. La Tabla 1 muestra la clasificación de grupos raciales en biotipos, describiendo el número de observaciones por biotipo.

Tabla 1. Clasificación de grupos raciales en tres biotipos adaptables al trópico

Grupo racial	Biotipo <sup>1</sup>			Total(n)
	CEBÚ	TROP-Tauro-Índicos	EURO-Tauro-Índicos	
F <sub>1</sub> Angus			16	16
Brahman	12			12
Cebú Mestizo Comercial	12			12
F <sub>1</sub> Romosinuano		16		16
F <sub>1</sub> Senepol		16		16
F <sub>1</sub> Simmental			17	17
Total (n)	24	32	33	89

<sup>1</sup>CEBÚ: producto de la agrupación de datos de los grupos raciales Brahman y cebú mestizo comercial, TROP-Tauro-Índicos: producto de la agrupación de datos de Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados (F1 Senepol y F1 Romosinuano), y EURO-Tauro-Índicos: producto de la agrupación de datos de Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo (F1 Angus y F1 Simmental).

La descripción detallada de los tratamientos siguen a continuación.

### Administración de compuestos anabolizantes (reimplantes)

Los reimplantes consistieron en dos tipos: (1) una dosis de Zeranol (72 mg; Ralgro Magnum® Merck &

Co., Inc., Kenilworth, N.J., USA) al inicio del experimento (día-0) y reimplante de la misma dosis al día-90 (ZER-ZER); ó (2) una primera dosis al día-0 de implante combinando 140 mg de Acetato de Trembolona, y 20 mg de 17β estradiol (Revalor® Merck), y una segunda dosis (al día-90) de Zeranol, 72 mg (ATBES-ZER). Según las compañías fabricantes de los compuestos usados para implantar, la duración de

los efectos anabolizantes de cada implante se estimó aproximadamente en 90 días; por lo tanto, se esperó un mínimo de total de 180 días de efecto anabolizante por cada reimplante.

### Modelos de suplementación

Al inicio de la prueba de suplementación, los animales se pesaron y fueron clasificados por tipo corporal y condición muscular (Decreto Presidencial No. 181, 1994). El peso vivo promedio (PV) al inicio del experimento fue de  $347.1 \pm 27.92$  kg a una edad promedio de 22 meses. Los modelos de suplementación consistieron en: mineral tradicional (SUPPL-MIN) vs. suplementación estratégica proteico-energética (SUPPL-STRT). Los toretes del grupo bajo SUPPL-MIN recibieron una mezcla mineral ofrecida continuamente *ad libitum*, que indujo un consumo diario promedio de aproximadamente 80 g/animal (con base a MS). Este suplemento mineral contenía P y Ca y otros macro- y microelementos para complementar la contribución de minerales del pasto (Huerta-Leidenz *et al.*, 2021), un medio para cumplir o

superar los requisitos de minerales para ganado de carne (NASEM, 2016). La suplementación del ganado dentro del grupo SUPPL-STRT la describen a detalle Huerta-Leidenz *et al.* (2021). El punto final preestablecido fue tener una conformación satisfactoria en pie (musculatura gruesa, siluetas bien redondeadas en los cuartos traseros, lomos y espalda), indicando que estaban listos para el mercado, según la evaluación visual de tres personas capacitadas; una vez que se alcanzaba o superaba un PV de 475 kg; por esta razón la duración de suplementación fue variable y fluctuó entre 181 y 258 días ( $220.95 \pm 25.02$  días). Durante el pesaje final, a los animales se le midió su altura a la cadera (alzada). El PV al inicio y final de la suplementación, y al terminar la prueba (alcance de punto final) se determinaron utilizando una balanza electrónica (Fairbank® modelo FB2255; Fairbanks Scales Inc. Overland Park, KS, Estados Unidos).

### Diseño experimental

El diseño experimental se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Diseño experimental mostrando la distribución de las unidades experimentales (n) por biotipo<sup>1</sup>, modelo de suplementación a pastoreo<sup>2</sup> y tipo de reimplante<sup>3</sup>

Biotipo	SUPPL-MIN		SUPPL-STRT		Total (n)
	ZER-ZER	ATBES-ZER	ZER-ZER	ATBES-ZER	
CEBÚ	6	6	5	7	24
TROP-Tauro-Índicos	10	10	7	5	32
EURO-Tauro-Índicos	9	11	7	6	33
Total	25	27	19	18	89

<sup>1</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índico: F<sub>1</sub> Senepol y F<sub>1</sub> Romosinuano; EURO-Tauro-Índico: F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental.

<sup>2</sup>SUPPL-MIN: Suplementación tradicional de minerales; SUPPL-STRT: Suplementación proteico-energética estratégica.

<sup>3</sup>ZER-ZER: Reimplante (día-0, día-90) de Zeranol, 72mg; ATBES-ZER: Implante de Acetato de Trembolona-140 mg+estradiol-17 $\beta$ , 20mg (día-0) y de Zeranol, 72mg (día-90).

### Cosecha de toretes y evaluación de la canal

Seis lotes de toretes ya finalizados fueron enviados sucesivamente a la misma planta de faena al completar 181, 195, 209, 223, 237 y 258 días de ceba, respectivamente. El PV promedio de envío a la planta de faena (peso de embarque en el camión) fue de  $509.51 \pm 31.70$  kg (Huerta-Leidenz *et al.*, 2021). La planta de faena estaba sometida a inspección sanitaria nacional y ubicada cerca de la ciudad de Barquisimeto, Estado Lara, distante a unos 500 km de la finca. La inspección *postmortem* se llevó a cabo de acuerdo con los estándares de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN, 1983). Los pesos de la canal se registraron, y los rendimientos porcentuales en canal se calcularon con el peso vivo al momento de ser transportados a la planta de faena.

El peso al embarque se ajustó dividiendo el peso de la canal caliente entre el porcentaje promedio de rendimiento en canal de todos los tratamientos, estimando una merma por transporte del 4.0 %. La ganancia diaria de peso (GDP) ajustada por la canal se calculó con el PV al embarque ajustado, el PV inicial y los días de ceba.

A las 48 horas *postmortem* en la canal refrigerada se evaluaron perfil de conformación, acabado de grasa exterior, y madurez adiposa según decreto Presidencial No. 1896 (1997). El área del músculo *longissimus dorsi* (*pars lumborum*) (LDL) (área del ojo del lomo) y el espesor de la grasa dorsal (ajustado por las superficies desiguales de la cobertura grasa en toda la canal) se midieron en la 12<sup>a</sup> costilla, igual que el grado de marmoleado, la madurez muscular y la madurez



esquelética, según USDA (2017). El largo del miembro pelviano se midió con una cinta de metal, desde el extremo distal del tarso hasta el borde craneal del hueso púbico en su sínfisis. La evaluación de la canal la han descrito en detalle Rodas-González *et al.* (2017) y Huerta-Leidenz *et al.* (2021). Finalmente, se asignaron las categorías (grados) de calidad venezolana (Decreto 1896, 1997) y los grados de calidad y rendimiento carnicero estadounidense (USDA, 2017) para canales de toretes.

### Evaluación del rendimiento carnicero

Las canales refrigeradas se redujeron a cortes mayoristas recortados a un espesor estándar de grasa (cortes magros) siguiendo el procedimiento venezolano para despiece comercial descrito por Montero *et al.* (2014). El despiece fue efectuado por carniceros experimentados instruidos para dejar una cubierta de grasa máxima de 0.64 cm en cada pieza (cortes).

Los cortes clasificados como de “alto” y “mediano” valor comercial fueron totalmente deshuesados, mientras que algunos de “bajo” valor comercial incluyeron hueso (Montero *et al.*, 2014). Los músculos que constituyen los grupos de alto, mediano y bajo valor se describen en Jerez-Timaure *et al.* (2015). El peso de cada uno de los tres grupos de productos (cortes magros) clasificados por su valor comercial, y el peso total de cada co-producto (hueso limpio ó recortes de grasa) se utilizaron para estimar sus rendimientos respectivos como porcentaje del peso de la canal fría (Rodas-González *et al.*, 2017).

### Pruebas de cocción, fuerza de corte, y evaluación sensorial

A las 48 horas *postmortem*, se retiró un trozo del LDL de 20 cm de largo de cada canal y de este trozo se cortaron cuatro bistés de 2.5 cm de grosor (en forma alternada, para evitar sesgo de posicionamiento anatómico) para su uso en las pruebas texturales y sensoriales. Los bistés se envasaron al vacío en una bolsa de encogimiento multilaminar B620 CRYOVAC® (Sealed Air Corp., Charlotte, NC, EE. UU.) con un equipo de embalaje US-ING Koch-Ultravac® (Ultrasource LLC, Kansas City, KS, EE. UU.). Los bistés empacados al vacío fueron inmediatamente congelados a -30 °C, y conservados a esta temperatura hasta los análisis posteriores. Un par de bistés se utilizaron para la evaluación sensorial por panel de catadores, mientras que el otro par se usó para la prueba de fuerza de corte Warner Bratzler (FCWB). Los protocolos culinarios, evaluación sensorial y de FCWB siguieron las directrices de la Asociación

Estadounidense de Ciencia de la Carne (AMSA, 2016) y se han utilizado en trabajos previos (Rodas-González *et al.*, 2009; Riera-Sigala *et al.*, 2022 y otros). Se registró el tiempo de cocción, y la pérdida por cocción estimada en función del peso del bistec descongelado y el peso después de cocido. Se utilizó un aparato de cizallamiento (G. R. Manufacturing, Inc., Trussville, AL, EE. UU.) para medir la FCWB de acuerdo con las pautas de AMSA (2016). El panel de catadores para la evaluación sensorial constaba de cinco a ocho personas, de 25 a 45 años, de ambos sexos, con diferentes niveles de instrucción y altamente capacitado, que probó alrededor de 12 muestras por día. Cada panelista (catador) recibió dos o tres muestras cocidas para calificarlas según una escala estructurada descriptiva de 8 puntos para: terneza de la fibra muscular, cantidad de tejido conectivo, terneza general, jugosidad e intensidad del sabor (donde, 1 = extremadamente dura, cantidad abundante del tejido conectivo, extremadamente dura, extremadamente seca, e insípida, respectivamente: y 8 = extremadamente tierna, sin tejido conectivo, extremadamente tierna, extremadamente jugosa, y extremadamente intensa en sabor, respectivamente).

### Análisis estadísticos

Un análisis preliminar de la varianza debida a grupo racial no había detectado diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los grupos raciales constituyentes de cada biotipo para indicadores de maduración biológica (condición muscular al inicio de la prueba, altura a la cadera y puntuación de conformación en pie al final de la prueba, y espesor de grasa dorsal de la canal) lo cual hacia precedente la agrupación de grupos raciales en los tres biotipos ya mencionados.

Los caracteres de crecimiento, rendimiento carnicero y calidad textural (FCWB) se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2022) con un modelo que incluyó los efectos fijos de biotipo (tres niveles), tipo de suplementación (dos niveles) y reimplante (dos niveles), además de las interacciones de primer y segundo orden que se derivan de estos efectos principales, disponiéndose de desigual número de observaciones para las combinaciones de los efectos principales.

Para analizar la variación en los caracteres sensoriales, se agregó al modelo el efecto aleatorio de panelista, resultando en un modelo mixto para el procedimiento MIXED del programa R Core Team (2019). La comparación de promedios se realizó mediante la opción PDIFF de los procedimientos del SAS Institute

(2022). Las distribuciones de frecuencias por biotipo y clasificación por calidad o gradación por rendimiento se evaluaron por la opción de Chi-cuadrado (R Core Team, 2019).

Dado que los resultados del ANOVA para los efectos fijos de modelo de suplementación (SUP) y tipo de

reimplante (RIMPL), y de la interacción de primer orden (SUP x RIMPL) ya habían sido publicados (Huerta-Leidenz *et al.*, 2021, 2022), los mismos fueron ignorados en el presente reporte.

## Resultados

### Rasgos de crecimiento

Al inicio de la prueba hubo variación significativa debida a biotipo para el peso vivo (PV). Los toretes TROP- y EURO-Tauro-Índicos iniciaron la prueba pesando 20.9 y 28.6 kg más en pie que los CEBÚ, respectivamente ( $P < 0.001$ ) a pesar de la similitud en edad y tipo corporal (Tabla 3). Al final de la suplementación y ser embarcados para su transporte a la planta de faena, los EURO-Tauro-Índicos resultaron más pesados ( $P < 0.001$ ) que los TROP-Tauro-Índicos y CEBÚ (con diferencias en PV de 22.8 kg y 43.0 kg

respectivamente, al final de la suplementación; y de 25.1 kg y 46.9 kg al embarque). Cabe mencionar que la altura a la cadera al embarque de los CEBÚ fue mayor que la de TROP-Tauro-Índicos (Tabla 3,  $P = 0.049$ ). En cuanto al peso al embarque ajustado por la canal, los EURO-Tauro-Índicos pesaron 24.1 y 45.0 kg más que los TROP-Tauro-Índicos y CEBÚ, respectivamente ( $P < 0.001$ ). Asimismo, los EURO-Tauro-Índicos tuvieron mayores ( $P = 0.004$ ) ganancias de peso ajustadas por la canal con diferencias de 75.3 y 88.2 g, con respecto a los TROP-Tauro-Índicos y CEBÚ (Tabla 3).

Tabla 3. Medias mínimo-cuadráticas y error estándar de la media (EEM) para efectos del biotipo e interacciones sobre la edad y rasgos corporales al inicio y final de la prueba<sup>1</sup>, y ritmo de crecimiento (GDP) de toretes.

Variable	Biotipo(BT) <sup>2</sup>			Valor P				
	CEBÚ (n = 24)	TROP-Tauro- Índicos (n = 32)	EURO-Tauro- Índicos (n = 33)	EEM	BT	BT x SUP <sup>3</sup>	BT x RIMPL <sup>4</sup>	BT x SUP x RIMPL
Edad al inicio de la prueba, m	21.59	21.91	21.97	0.09	0.228	0.427	0.404	0.478
Peso inicial, kg	327.99 <sup>f</sup>	348.93 <sup>g</sup>	356.58 <sup>g</sup>	2.79	<0.001	0.758	0.664	0.429
Condición muscular inicial <sup>a</sup>	2.03	2.17	2.14	0.06	0.648	0.055	0.425	0.330
Tipo corporal inicial <sup>b</sup>	2.01	2.10	1.84	0.07	0.285	0.710	0.774	0.411
Peso al finalizar suplementación, kg	463.14 <sup>g</sup>	483.33 <sup>h</sup>	506.13 <sup>i</sup>	3.09	<0.001	0.600	0.636	0.988
Edad al embarque, m.	29.95	30.11	30.21	0.15	0.708	0.500	0.232	0.565
Altura a la cadera, al embarque, cm	135.77 <sup>g</sup>	133.36 <sup>h</sup>	134.68 <sup>gh</sup>	0.39	0.049	0.286	0.438	0.601
Peso al embarque, kg	484.40 <sup>g</sup>	506.21 <sup>h</sup>	531.27 <sup>i</sup>	2.96	<0.001	0.959	0.842	0.981
GDP (día 0 - día de embarque) <sup>c</sup> , g	716.13 <sup>g</sup>	735.03 <sup>g</sup>	814.96 <sup>h</sup>	12.0	0.002	0.881	0.943	0.228
Peso al embarque ajustada <sup>d</sup> , kg	465.02 <sup>g</sup>	485.96 <sup>h</sup>	510.02 <sup>i</sup>	2.84	<0.001	0.959	0.842	0.981
GDP ajustada <sup>e</sup> , g	627.27 <sup>g</sup>	640.14 <sup>g</sup>	715.48 <sup>h</sup>	11.55	0.004	0.886	0.970	0.214
Días de ceba	220.74	215.78	217.08	1.82	0.544	0.914	0.276	0.924

<sup>1</sup>Final de la prueba corresponde al día en que los animales alcanzaban como punto final de la prueba, una conformación satisfactoria una vez superado un PV de 475 kg cuando se embarcaban al camión para su despacho a la planta de faena.

<sup>2</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados: F<sub>1</sub> Senepol y F<sub>1</sub> Romosinuano); EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo: F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental).

<sup>3</sup>SUP: Modelo de Suplementación.

<sup>4</sup>RIMPL: Reimplante.

<sup>a</sup> 1=muy musculoso, y 5= ligeramente musculoso (Venezuela Decreto 181, 1994)

<sup>b</sup> 1=muy grande, y 5= muy pequeño (Venezuela Decreto 181, 1994)

<sup>c</sup> Ganancia diaria de peso calculada con el peso vivo al embarque.

<sup>d</sup> El peso al embarque ajustado se calculó dividiendo el peso de la canal caliente entre el porcentaje promedio de rendimiento en canal de todos los tratamientos, estimando una merma por transporte del 4.0 %.

<sup>e</sup> Ganancia diaria de peso ajustada por la canal calculada con el PV al embarque ajustado, el PV inicial y los días de ceba.

<sup>g,h,i</sup> Medias mínimo-cuadráticas en una misma fila portando letras distintas, difieren ( $P \leq 0.05$ ).

Los biotipos no variaron significativamente en los días de ceba requeridos para alcanzar el punto final ( $P = 0.544$ ; Tabla 3), ni en sus respectivas frecuencias

en lotes enviados a la planta de faena a distintos días de ceba ( $P = 0.847$ ; Tabla 4).

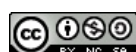


Tabla 4. Distribución de frecuencias (número y % de toretes) según lotes cosechados con diferentes días de ceba y biotipo<sup>1</sup>

Días de ceba	CEBÚ	TROP-Tauro-Índicos	EURO-Tauro-Índicos	Total(n)
181	3 (12.5)	3 (9.4)	5 (15.2)	11
195	4 (16.7)	4 (12.5)	5 (15.2)	13
209	3 (12.6)	8 (25.0)	2 (6.1)	13
223	5 (20.8)	5 (15.6)	7 (21.2)	17
237	4 (16.7)	7 (21.9)	8 (24.2)	19
258	5 (20.8)	5 (15.6)	6 (18.2)	16
Total (n)	24	32	33	89

$$\chi^2 = 5.610; P = 0.847$$

<sup>1</sup> CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados): F<sub>1</sub> Senepol y F<sub>1</sub> Romosinuano; EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo): F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental.

### Interacciones para rasgos de la canal

Se detectaron interacciones, una de segundo orden para la puntuación de acabado de grasa exterior ( $P = 0.023$ ; Figura 1) y otra de primer orden (Biotipo x Reimplante,  $P = 0.033$ ; Figura 2) para el largo del miembro pelviano.

Al comparar el acabado de grasa exterior de las canales de los biotipos dentro de cada combinación de tratamientos (tipo de suplementación y reimplante) las canales de TROP-Tauro-Índicos reimplantados ZER-ZER bajo SUPPL-STRAT resultaron con un acabado "abundante", diferente ( $P < 0.001$ ) de los CEBÚ y EURO-Tauro-Índicos, los cuales exhibieron un acabado más escaso ("medio").

Comparando tipos de reimplante por biotipo y modelo de suplementación, se observó que las canales de CEBÚ y EURO-Tauro-Índicos sometidos a SUPPL-STRT y reimplantados con ATBES-ZER, tuvieron un mayor acabado de grasa exterior que sus homólogos reimplantados con ZER-ZER ( $P = 0.021$  y  $P = 0.042$ , respectivamente). Lo contrario ocurrió en canales de TROP-Tauro-Índicos bajo SUPPL-STRT, que siendo reimplantados con ATBES-ZER, exhibieron un acabado de grasa inferior (mayor valor numérico) definido como "medio", diferente al acabado "abundante" de sus homólogos reimplantados con ZER-ZER ( $P = 0.049$ ).

La interacción biotipo x reimplante para la longitud del miembro pelviano (Figura 2) muestra que los biotipos reimplantados con ZER-ZER siguen un patrón descendente para este rasgo de la canal (EURO-Tauro-Índicos > TROP-Tauro-Índicos > CEBÚ) con diferencias significativas entre CEBÚ y EURO-Tauro-Índicos ( $P < 0.016$ ). También se notó que, en

ambos biotipos Tauro-Índicos, los miembros pelvianos de reimplantados con ZER-ZER tienden a ser más largos que los reimplantados con ATBES-ZER, un comportamiento inverso al CEBÚ ( $P < 0.078$ ).

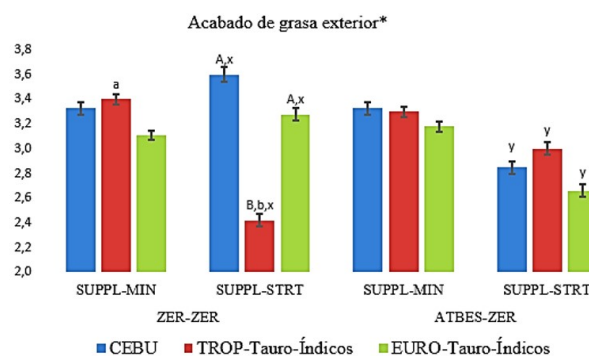


Figura 1. Efecto de la interacción Biotipo x Modelo de suplementación x Tipo de reimplante sobre el acabado de grasa exterior. CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos: descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados (F<sub>1</sub> Senepol ó F<sub>1</sub> Romosinuano), y EURO-Tauro-Índicos: descendientes de padres taurinos de origen europeo (F<sub>1</sub> Angus ó F<sub>1</sub> Simmental). SUPPL-MIN: Suplementación con minerales. SUPPL-STRT: Suplementación proteico-energética estratégica. <sup>3</sup>ZER-ZER: Reimplante (día-0, día-90) de Zeranol, 72mg; ATBES-ZER: Implante de Acetato de Trembolona-140 mg+estradiol-17 $\beta$ , 20mg (día-0) y de Zeranol, 72mg (día-90). Letras mayúsculas (A, B) distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre biotipos dentro de cada combinación de Tipo de reimplante con Modelo de suplementación. Letras minúsculas (a, b) distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre Modelos de suplementación para el mismo Biotipo y Tipo de reimplante. Letras minúsculas (x, y) distintas indican diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre Tipos de reimplante para el mismo biotipo y Modelo de suplementación. \*donde, 1 = Extremadamente abundante, 2 = Abundante, 3 = Medio, 4 = Ligeramente, 5 = Escaso.

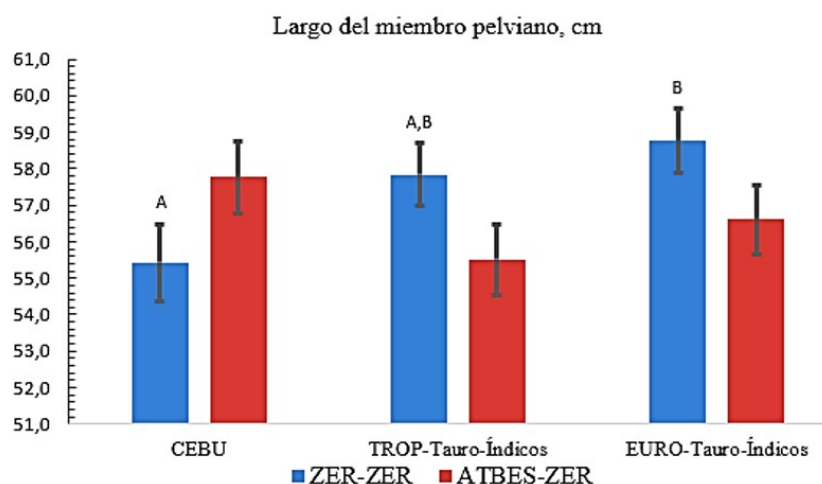


Figura 2. Efecto de la interacción Biotipo x Tipo de reimplante sobre el largo (en cm) del miembro pelviano. CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos: descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados ( $F_1$  Senepol ó  $F_1$  Romosinuano); EURO-Tauro-Índicos: descendientes de padres taurinos de origen europeo ( $F_1$  Angus ó  $F_1$  Simmental). <sup>3</sup>ZER-ZER: Reimplante (día-0, día-90) de Zeranol, 72mg; ATBES-ZER: Implante de Acetato de Trembolona-140 mg+estradiol-17 $\beta$ , 20mg (día-0) y de Zeranol, 72mg (día-90). Letras mayúsculas (A, B) distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre biotipos dentro de cada tipo de reimplante. La comparación de tipos de reimplante dentro de cada biotipo, resultó no significativa ( $P > 0.08$ ).

### Efectos del biotipo sobre características y clasificación de la canal

Los resultados para efectos del biotipo sobre características de la canal se muestran en las Tablas 5 y 6. Las canales de EURO-Tauro-Índicos pesaron más en caliente (13.2 y 22.6 kg, respectivamente) y exhibieron muslos de circunferencia mayor que TROP-Tauro-Índicos ( $P = 0.001$ ) y CEBÚ ( $P = 0.036$ ). Las canales de TROP-Tauro-Índicos y EURO-Tauro-Índicos presentaron áreas más

extensas del ojo del lomo (AOL; m. LDL), indicando mayor muscularidad en la región dorsolumbar que las de CEBÚ, con diferencias respectivas de 10.7 y 13.7 cm<sup>2</sup> ( $P < 0.01$ ). Por su parte, los CEBÚ tendieron a rendir más en canal ( $P = 0.095$ ) de menor longitud ( $P < 0.001$ ), con tendencia a una cubierta más gruesa de grasa dorsal ( $P = 0.202$ ), y de conformación más convexa ( $P < 0.001$ ). En cuanto a características de calidad de la canal, los biotipos no variaron en grado de marmoleado ( $P = 0.711$ ) y exhibieron madureces fisiológicas comparables ( $P \geq 0.079$ ).

Tabla 5. Medias mínimo-cuadráticas y error estándar de la media (EEM) para efectos de biotipo e interacciones sobre características de canal de toretes.

Variable	Biotipo (BT) <sup>1</sup>			EEM	Valor P			
	CEBÚ (n =24)	TROP-Tauro- Índicos (n =32)	EURO-Tauro- Índicos (n = 33)		BT	BT x SUP <sup>2</sup>	BT x RIMPL <sup>3</sup>	BT x SUP x RIMPL
Peso de canal caliente, kg	285.64 <sup>f</sup>	295.06 <sup>g</sup>	308.28 <sup>h</sup>	1.87	<0.001	0.420	0.588	0.983
Rendimiento de canal caliente, kg	58.96	58.31	58.03	0.17	0.095	0.133	0.552	0.700
Conformación <sup>a</sup>	3.08 <sup>f</sup>	3.76 <sup>g</sup>	3.71 <sup>g</sup>	0.07	<0.001	0.094	0.541	0.998
Área del ojo del lomo, cm <sup>2</sup>	73.45 <sup>f</sup>	84.13 <sup>g</sup>	87.14 <sup>g</sup>	1.05	<0.001	0.750	0.173	0.622
Acabado de grasa exterior <sup>b</sup>	3.28	3.03	3.06	0.06	0.202	0.136	0.082	0.023
Grado de marmoleado <sup>c</sup>	5.49	5.61	5.58	0.06	0.711	0.725	0.219	0.409
Madurez ósea <sup>d</sup>	194.52	197.11	190.52	2.58	0.550	0.572	0.815	0.359
Madurez muscular <sup>d</sup>	198.56	223.46	198.56	5.22	0.079	0.387	0.812	0.786
Madurez adiposa <sup>e</sup>	3.00	2.89	2.90	0.03	0.298	0.421	0.450	0.976
Madurez total <sup>d</sup>	197.51	210.25	195.90	3.54	0.184	0.821	0.795	0.678

<sup>1</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados):  $F_1$  Senepol y  $F_1$  Romosinuano; EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo):  $F_1$  Angus y  $F_1$  Simmental.

<sup>2</sup>SUP: Modelo de Suplementación: <sup>3</sup>RIMPL: Tipo de reimplante: <sup>a</sup>: 1 = Muy convexa, 2 = Convexa, 3 = Rectilínea, 4 = Cóncava, 5 = Muy cóncava.

<sup>b</sup> donde, 1 = Extremadamente abundante, 2 = Abundante, 3 = Medio, 4 = Ligero, 5 = Escaso. <sup>c</sup> 1 = Abundante, 2 = Moderado, 3 = Pequeño, 4 = Ligero, 5 = Trazas, 6 = Prácticamente desprovisto. <sup>d</sup> Canales entre rango de madurez de 100-199 representan el grupo más joven (100 es equivalente a A00 y 199 es equivalente a A99); 200-299: representa canales con madurez intermedia (200 es equivalente a B00 y 299 es igual a B99).

<sup>e</sup> 1 = blanco marfil, 2 = blanco cremoso, 3 = amarillo claro, 4 = amarillo intenso, 5 = naranja. <sup>f,g</sup>Medias mínimo-cuadráticas en una misma fila portando letras distintas, difieren ( $P \leq 0.05$ ).

Tabla 6. Medias mínimo-cuadráticas y error estándar de la media (EEM) para efectos de biotipo e interacciones sobre medidas lineales de la canal de toretes.

Variable	Biotipo (BT) <sup>1</sup>			EEM	Valor P			
	CEBÚ (n = 24)	TROP-Tauro- Índicos (n = 32)	EURO-Tauro- Índicos (n = 33)		BT	BT x SUP <sup>2</sup>	BT x RIMPL <sup>3</sup>	BT x SUP x RIMPL
Espesor de grasa dorsal, mm	2.01	1.59	1.39	0.12	0.102	0.161	0.826	0.157
Largo de la canal, cm	129.21 <sup>a</sup>	132.29 <sup>b</sup>	133.04 <sup>b</sup>	0.39	<0.001	0.903	0.917	0.889
Ancho del muslo, cm	61.40	61.53	62.38	0.35	0.457	0.224	0.675	0.636
Largo del miembro pelviano, cm	56.60	56.67	57.68	0.39	0.443	0.475	0.033	0.388
Circunferencia del muslo, cm	120.92 <sup>ab</sup>	119.64 <sup>a</sup>	122.85 <sup>b</sup>	0.52	0.036	0.626	0.214	0.994
Profundidad del tórax, cm	37.28	37.08	38.30	0.33	0.260	0.512	0.119	0.300

<sup>1</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados): F<sub>1</sub> Senepol y F<sub>1</sub> Romosinuano; EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo): F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental.

<sup>2</sup>SUP: Modelo de Suplementación: <sup>3</sup>RIMPL: Tipo de reimplante:

<sup>a,b</sup>Medias mínimo-cuadráticas en una misma fila portando letras distintas, difieren (P ≤ 0.05).

El análisis estadístico de las frecuencias detectó efectos significativos (P < 0.015) del biotipo para categorías de calidad de canales por el sistema

venezolano y para grados de rendimiento carnicero de la canal según el sistema estadounidense USDA) (P = 0.022; Tabla 7).

Tabla 7. Distribución de frecuencia<sup>1</sup> por categorías venezolanas o grados de calidad estadounidense de la canal, según el biotipo.

Categoría/grado de la canal	Biotipo <sup>2</sup>		
	CEBÚ	TROP-Tauro-Índicos	EURO-Tauro-Índicos
Categorización por calidad, según el sistema venezolano <sup>3</sup>			
A	1 (4.2)	0 (0.0)	6 (18.2)
B	20 (83.3)	20 (62.5)	18 (54.5)
C	3 (12.5)	12 (37.5)	9 (27.3)
$\chi^2 = 12.401$ ; P = 0.015.			
Gradación por calidad, según el sistema estadounidense <sup>4</sup>			
"Bull"	10 (41.7)	17 (53.1)	14 (42.4)
"Bullock" (calidad Standard)	14 (58.3)	15 (46.9)	19 (57.6)
$\chi^2 = 1.001$ ; P = 0.612.			
Gradación por rendimiento carnicero, según el sistema estadounidense <sup>5</sup>			
1	6 (25)	21 (65.6)	21 (63.6)
2	17 (70.8)	11 (34.4)	11 (33.3)
3	1 (4.2)	0 (0.0)	1 (3.0)
$\chi^2 = 11.787$ ; P = 0.022.			
Total	24	32	33

<sup>1</sup>La frecuencia se indica con el número de observaciones y valores porcentuales en paréntesis.

<sup>2</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados): F<sub>1</sub> Senepol y F<sub>1</sub> Romosinuano; EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo): F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental.

<sup>3</sup>A, B, C: categorías correspondientes al sistema de clasificación y tipificación de canales para calidad de Venezuela (Decreto Presidencial, 1997).

<sup>4</sup>Canales de toros jóvenes (menores de 30 meses de edad) o que exhiben una madurez fisiológica "A" son designados a la clase "Bullock", según USDA (2017).

<sup>5</sup>Grados para rendimiento de la canal en cortes (GRC) de acuerdo con el sistema estadounidense para canales bovinas, definidos numéricamente del 1 al 5; el GRC No. 1 corresponde a canales con una mayor proporción esperada (> 53.5 %) de cortes deshuesados y magros (recortados de grasa), mientras que un GRC No. 5, corresponde a canales con una proporción esperada (< 44.3 %), de cortes deshuesados y magros (recortados de grasa). (USDA, 2017).

En general, la clasificación estadounidense para esta muestra de canales de toros, relativamente jóvenes, mostró un 54 % de canales clasificadas como "Bullocks" ("toretas") con grado de calidad Standard y

46 % de canales "Bulls" ("Toros", no elegibles para grados de calidad USDA), sin diferencia de frecuencias (P = 0.612) entre biotipos.

Solamente seis canales (18 %) de EURO-Tauro-Índicos y una de CEBÚ alcanzaron la máxima categoría de calidad para machos no castrados (toretos/toros) según el sistema venezolano (Decreto 1896, 1997) (Tabla 7). En general, la mayoría de los biotipos clasificaron en la segunda categoría venezolana de calidad (Categoría "B"; Decreto 1896, 1997). De acuerdo con el sistema USDA para determinar grados de rendimiento carnicero (esto es, la proporción de la canal en cortes deshuesados y magros), la mayoría (> 60 %) de las canales de los biotipos Tauro-Índicos clasificaron en el mejor grado de rendimiento carnicero (USDA 1) mientras que no más del 25 % de canales CEBÚ alcanzaron este grado superior de rendimiento ( $P = 0.022$ ; Tabla 7).

Tabla 8. Medias mínimo-cuadráticas y error estándar de la media (EEM) para efectos del biotipo e interacciones sobre peso de la canal fría de toretes y su rendimiento porcentual en productos (cortes magros de distinto valor comercial) y co-productos (hueso limpio y recortes de grasa).

Variable	Biotipo (BT) <sup>1</sup>						Valor P				
	CEBÚ		TROP-Tauro-Índicos		EURO-Tauro-Índicos		EEM	BT	BT x SUP <sup>2</sup>	BT x RIMPL <sup>3</sup>	BT x SUP x RIMPL
	n	Media	n	Media	n	Media					
Peso en canal fría, kg	24	279.93 <sup>c</sup>	32	289.16 <sup>d</sup>	33	302.11 <sup>e</sup>	1.84	<0.001	0.420	0.588	0.983
Cortes de alto valor a	22	34.71	27	35.19	28	34.93	0.16	0.488	0.220	0.860	0.351
Cortes de mediano valor a	13	24.86	15	25.65	13	27.26	0.49	0.266	0.601	0.874	ND
Cortes de bajo valor a	13	20.65	15	20.97	14	22.04	0.37	0.833	0.222	0.731	ND
Total, de cortes vendibles, % <sup>b</sup>	13	80.08	15	81.80	13	84.35	0.71	0.367	0.614	0.563	ND
Total, de hueso limpio, %	13	7.60	15	7.86	14	7.97	0.13	0.821	0.361	0.651	ND
Recortes de grasa, %	13	4.89	15	3.50	14	3.43	0.16	0.068	0.930	0.538	ND

<sup>1</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados): F<sub>1</sub> Senepol y F<sub>1</sub> Romosinuano; EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo): F<sub>1</sub> Angus y F<sub>1</sub> Simmental.

<sup>2</sup>SUP: Modelo de suplementación. <sup>3</sup>RIMPL: Tipo de reimplante.

<sup>a</sup> Los tres grupos de cortes clasificados por su distinto valor comercial los describe Montero *et al.* (2014) y se expresan en sus proporciones (%) del peso de la canal fría.

<sup>b</sup> El total de cortes vendibles consiste en la suma de cortes de alto, medio, y bajo valor comercial expresado como proporción (%) del peso de la canal fría. ND: No determinada.

<sup>c,d,e</sup> Medias mínimo-cuadráticas en una misma fila portando letras distintas, difieren ( $P \leq 0.05$ ).

### Interacciones para fuerza de corte

Se detectó la interacción de segundo orden para FCWB ( $P < 0.001$ ; Figura 3). Al comparar la FCWB de biotipos dentro de cada combinación de tratamientos (tipo de suplementación y reimplante) se observó que bistés de EURO-Tauro-Índicos sometidos a SUPPL-STRAT y reimplante ZER-ZER requerían 2.62 y 1.57 kg menos FCWB ( $P = 0.003$  y  $P < 0.001$ ) que sus contrapartes CEBÚ y TROP-Tauro-Índicos, respectivamente.

Cuando los grupos fueron sometidos a SUPPL-MIN y reimplante ATBES-ZER, los bistés de CEBÚ resultaron con 1.36 kg menos de FCWB que los de TROP-Tauro-Índicos (4.84 vs. 6.20 kg;  $P < 0.001$ ) mientras que los de EURO-Tauro-Índicos resultaron con valores intermedios (5.58 kg) y no diferentes ( $P = 0.060$ ) de sus contrapartes.

### Efectos del biotipo sobre peso de la canal fría y rendimiento carnicero

El peso de la canal fría varió con el biotipo ( $P < 0.001$ ), no así los rendimientos porcentuales en grupos de cortes con distinto valor comercial (*i. e.*, cortes de alto, mediano, y bajo valor comercial, y total de cortes vendibles). Tampoco varió significativamente la proporción (%) de recortes de grasa derivados de la fabricación de cortes magros ( $P = 0.068$ ) o la de hueso limpio ( $P > 0.821$ ). Las diferencias altamente significativas entre biotipos para peso de canal fría indican superioridades de EURO-Tauro-Índicos de 12.9 y 22.2 kg sobre TROP-Tauro-Índicos y CEBÚ, respectivamente ( $P < 0.001$ ).

Comparando FCWB entre modelos de suplementación por biotipo y reimplante, se encontró que bajo SUPPL-STRAT, la FCWB de bistés de EURO-Tauro-Índicos reimplantados con ZER-ZER y de TROP-Tauro-Índicos reimplantados con ATBES-ZER, era menor en 1.69 kg ( $P < 0.001$ ) y 0.59 kg ( $P = 0.046$ ) con respecto a las de sus homólogos sometidos a SUPPL-MIN.

Comparando FCWB entre tipos de reimplante por biotipo y modelo de suplementación, se observó que, bistés de CEBÚ reimplantados con ATBES-ZER, bajo SUPPL-STRAT resultaban con menor FCWB que la de sus homólogos reimplantados con ZER-ZER ( $P = 0.003$ ). Contrariamente, bistés de EURO-Tauro-Índicos reimplantados con ATBES-ZER bajo SUPPL-STRAT, resultaron con mayor FCWB ( $P < 0.001$ ) que la de sus homólogos implantados con ZER-ZER.

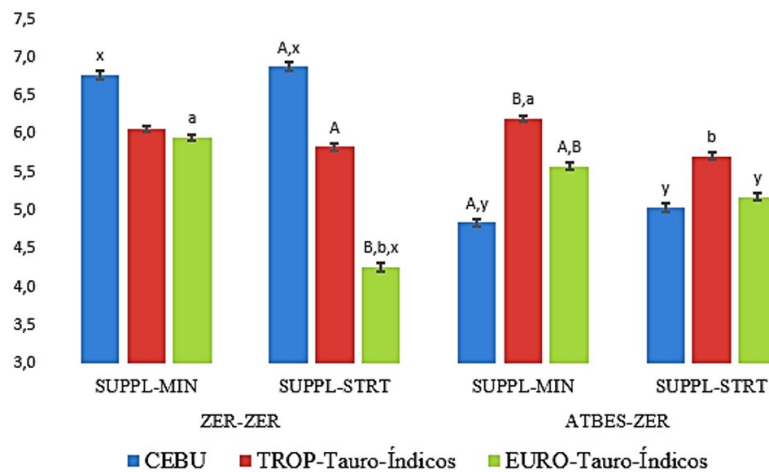


Figura 3. Efecto de la interacción Biotipo x Modelo de suplementación x Tipo de implante sobre la fuerza de corte Warner-Bratzler (FCWB, en kg). CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos: descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados ( $F_1$  Senepol y  $F_1$  Romosinuano); EURO-Tauro-Índicos: descendientes de padres taurinos de origen europeo ( $F_1$  Angus y  $F_1$  Simmental).

SUPPL-MIN: Suplementación con minerales; SUPPL-STRT: Suplementación proteico-energética estratégica. ZER-ZER: Reimplante (día-0, día-90) de Zeranol, 72mg; ATBES-ZER: Implante de Acetato de Trembolona-140 mg+estradiol-17 $\beta$ , 20mg (día-0) y de Zeranol, 72mg (día-90).

Letras mayúsculas (A, B) distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre biotipos dentro de cada combinación de tipo de reimplante con modelo de suplementación. Letras minúsculas (a, b) distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre Modelos de suplementación dentro de cada combinación de Biotipo con Tipo de reimplante. Letras minúsculas (x, y) distintas indican diferencias

significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tipos de reimplantes dentro de cada biotipo y modelo de suplementación.

#### Efectos independientes del biotipo sobre variables de cocción y calidad de carne

ANOVA solo detectó un efecto independiente significativo del biotipo sobre las pérdidas por cocción de bistés (Tabla 9). Bistés de toros CEBÚ y TROP-Tauro-Índicos durante la cocción, perdieron respectivamente 2.7 y 2.24 % más peso que los de EURO-Tauro-Índicos ( $P = 0.004$ ). Ninguna variable de calidad sensorial de la carne (propiedades de palatabilidad, calificadas por catadores) fue afectada por el biotipo ( $P \geq 0.49$ ).

Tabla 9. Medias y error estándar de la media (EEM) para efectos del biotipo e interacciones sobre variables de cocción, rasgos de calidad textural (FCWB) y sensorial de la carne de toretes.

Variable	Biotipo (BT) <sup>1</sup>			EEM	Valor P			
	CEBÚ (n = 24)	TROP-Tauro-Índicos (n = 32)	EURO-Tauro-Índicos (n = 33)		BT	BT x SUP <sup>2</sup>	BT x RIMPL <sup>3</sup>	BT x SUP x RIMPL
Pérdidas por cocción, %	34.28 <sup>f</sup>	33.47 <sup>f</sup>	31.58 <sup>g</sup>	0.31	0.004	0.371	0.488	0.122
Tiempo de cocción, min	79.79	78.66	79.21	0.46	0.232	0.153	0.313	0.173
FCWB, kg <sup>a</sup>	6.06	5.86	5.36	0.08	0.050	0.002	<0.001	<0.001
Terneza de la fibra <sup>b</sup>	3.95	3.97	4.27	0.05	0.617	0.198	0.150	0.069
Terneza general <sup>b</sup>	3.54	3.51	3.86	0.06	0.717	0.116	0.654	0.136
Cantidad de tejido conectivo <sup>c</sup>	3.42	3.48	3.79	0.05	0.495	0.164	0.733	0.181
Jugosidad <sup>d</sup>	4.57	4.88	4.87	0.04	0.507	0.236	0.232	0.328
Intensidad del sabor <sup>e</sup>	5.76	5.77	5.76	0.03	0.693	0.119	0.896	0.195

<sup>1</sup>CEBÚ: Brahman ó cebuínos comerciales; TROP-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos tropicalmente adaptados):  $F_1$  Senepol y  $F_1$  Romosinuano; EURO-Tauro-Índicos (Tauro-Índicos descendientes de padres taurinos de origen europeo):  $F_1$  Angus y  $F_1$  Simmental.

<sup>2</sup>SUP: Modelo de suplementación. <sup>3</sup>RIMPL: Tipo de reimplante. EEM: Error estándar de la media.

<sup>a</sup> Calidad textural medida por fuerza de corte de un bocado de carne cocida con el aparato Warner-Bratzler.

<sup>b</sup> escala descriptiva de 8 puntos donde 1= extremadamente dura y 8= extremadamente tierna.

<sup>c</sup> escala descriptiva de 8 puntos donde 1= abundante cantidad de tejido conectivo y 8= sin tejido conectivo.

<sup>d</sup> escala descriptiva de 8 puntos donde 1= extremadamente seca, y 8= extremadamente jugosa.

<sup>e</sup> escala descriptiva de 8 puntos donde 1= extremadamente intenso, y 8= insípido.

<sup>f,g</sup>Medias en una misma fila portando letras distintas, difieren ( $P \leq 0.05$ ).



## Discusión

### Efectos sobre el desempeño en crecimiento

Además del número relativamente bajo de observaciones para inferir sobre el desempeño de biotipos, otra de las limitaciones de este experimento es que no se diseñó para estimar la magnitud de la heterosis con los cruzamientos. Sin embargo, hay fuertes indicios de un mayor nivel de heterosis para caracteres de crecimiento, en la progenie de sementales taurinos de origen europeo versus la de sementales cebuínos o taurinos adaptados al trópico. Este supuesto requiere corroborarse con estudios específicos para medir la heterosis de los cruces bajo condiciones similares.

La hipótesis para este estudio fue, que el producto terminal del cruzamiento (biotipos con variada adaptabilidad de la línea paterna al trópico), influye y puede interactuar con el tipo de suplementación y reimplante, afectando desempeño productivo y características cualitativas de la canal y de la carne. Para el desempeño en crecimiento, la hipótesis se corresponde con dos aseveraciones de Ordoñez (2020) indicando que, (a) la superioridad esperada debida al cruzamiento, no es un parámetro determinado únicamente por los genotipos que intervienen en el cruce, sino que su expresión está condicionada por limitaciones ambientales o falta de adaptabilidad, que impiden la manifestación de sus potenciales genéticos; (b) si bien la superioridad observada en los mestizos sobre el promedio de las razas progenitoras se explica en términos genéticos por el aumento de la heterocigosidad en el híbrido, la expresión fenotípica de esta superioridad, para algunos rasgos, es el resultado de aquellos potenciales productivos que sólo se alcanzan en un ambiente adecuado (Ordoñez, 2020).

La inferioridad en importantes rasgos de crecimiento (pesos corporales y ganancia diaria de peso) de toretes con predominio *Bos indicus* (CEBÚ) con respecto a los mestizos Tauro-Índico, podía esperarse debido al mejor desempeño de estos últimos bajo condiciones ambientales mejoradas (infraestructura de pasturas, suplementación) (Plasse *et al.*, 1995). La superioridad de ambos biotipos Tauro-Índicos sobre el CEBÚ se sustenta también con los resultados del metanálisis de Bunning *et al.* (2019) quienes analizando 42 estudios (518 estimados de heterosis), encontraron que, aquellos cruzamientos entre razas genéticamente más distantes (e.g., de *Bos taurus* "tropical" x *Bos indicus*, o de *Bos taurus* europeo x *Bos indicus*) mostraban un mayor vigor híbrido que los cruzamientos entre razas de la misma subespecie (*Bos*

*indicus* x *B. indicus*). Plasse (2000) al resumir resultados de 32 grupos experimentales en seis países tropicales de América Latina, comparando grupos F1 *Bos taurus* (17 razas) x *Bos indicus* contra grupos testigo *Bos indicus*, señala superioridades promedio de los Tauro-Índicos de 12, 10 y 13 % para pesos a 18 meses, final de la ceba y canal, respectivamente. El desempeño inferior en crecimiento de los cebuínos con respecto a otras razas de carne es reiterativo (Plasse, 1992; Scheffler, 2022). Una explicación a esta consistente desventaja es la eficiencia relativamente alta de los *Bos indicus* para la regulación térmica (Freitas Silveira *et al.*, 2021; Scheffler, 2022). En los sistemas de producción extensivos del trópico se relaciona directamente con la prioridad para mantener homeostasis, con una desviación energética a expensas de cumplir la función productiva, lo cual sugiere antagonismo entre tolerancia al calor y rasgos de producción de carne (Scheffler, 2022). De manera indirecta influyen también el menor consumo de alimento y la estacionalidad en calidad y cantidad de forrajes tropicales, caracterizados por una baja densidad energética y alta producción de calor metabólico durante la fermentación ruminal (Freitas Silveira *et al.*, 2021). Es preciso resaltar la superioridad en pesos corporales y ritmo de crecimiento del biotipo EURO-Tauro-Índico sobre el TROP-Tauro-Índico, lo cual sugiere un mayor grado de vigor híbrido cuando se aparean vacas de alto mestizaje cebuino con sementales de razas originarias de países europeos de clima templado (Angus y Simmental). Este supuesto cobra fuerza con los resultados del meta-análisis de Bunning *et al.* (2019) si se especula que los taurinos de clima templado son genéticamente más distantes de los cebuínos, que aquellos adaptados al trópico.

### Efectos sobre rasgos y clasificación de la canal

Las interacciones de segundo orden para el acabado de grasa exterior de la canal no han sido reportadas previamente. La interacción triple significativa indica que la respuesta a los tipos de reimplante bajo SUPPL-STRAT depende del biotipo. Aunque los resultados no son extrapolables, esquemas de reimplantación de zeranol en toros cebados intensivamente en los Estados Unidos, pero con dosis de 36 mg por implante (la mitad de la dosis utilizada en el presente experimento) resultaron en canales con mayor espesor de grasa dorsal (Greathouse *et al.*, 1983; Gray *et al.*, 1986; Smith *et al.*, 1989); observación que concuerda con la tendencia para este rasgo en una revisión de la literatura sobre el tema (Song y Choi, 2001). Sin embargo, el espesor de grasa dorsal no ha variado significativamente en canales de toros (Hunt *et al.*,

1991) o machos castrados (novillos) (Reichhardt *et al.*, 2021) tratados con un solo implante de ATBES y cebados bajo condiciones intensivas en climas templados. Tampoco, Morón-Fuenmayor *et al.* (1993) pudieron detectar el efecto de un solo implante de ATBES o de ZER sobre las puntuaciones de acabado de grasa exterior, en canales de toretes mestizos de Santa Gertrudis, cebados a corral en condiciones tropicales.

No se consiguieron estudios previos para discutir la interacción entre biotipo y tipo de reimplante para el largo del miembro pelviano de las canales. La mayor longitud del miembro pelviano observada en canales de EURO-Tauro-Índicos reimplantados con ZER-ZER con respecto a la de sus contrapartes CEBÚ, se corresponde con la mayor longitud de sus canales ( $P < 0.001$ ), indicando un esqueleto de mayor tamaño. Gray *et al.* (1986) reportaron mayor longitud y circunferencia del fémur en toros con implantes de zeranol repetidos cada 84 d, desde el nacimiento hasta la cosecha; pero la comparación la hicieron con testigos (toros no implantados), que no es nuestro caso. Dos estudios (Anturi, 2018; Kirkpatrick, 2020) han reportado el efecto de un solo implante, compuesto por acetato de trembolona y estradiol-17 $\beta$  en el desarrollo esquelético de machos castrados (novillos). Por tratarse de estudios con diferentes protocolos de implante al nuestro (una sola implantación, diferentes dosis de ATBES), y considerando que la respuesta de novillos al implante puede ser diferente a la de toros (por la alteración endocrina que conlleva la castración) los hallazgos de Anturi (2018) y Kirkpatrick (2020) son poco útiles para esta discusión. El hallazgo de canales más pesadas y AOL más extensas de EURO-Tauro-Índicos, respecto a las de CEBÚ ( $P < 0.001$ ) se apoya en las observaciones de Elzo *et al.* (2012) indicando la superioridad del cruce Angus x Brahman para estas características. El mejor desempeño para algunas características de la canal de EURO-Tauro-Índicos se corresponde también con los resultados del estudio de Riley *et al.* (2012) comparando novillos Romosinuano puros y sus cruces con Angus y Brahman, cebados intensivamente. Aunque Riley *et al.* (2012) detectaron heterosis para peso corporal, peso de canal caliente, AOL y grado de rendimiento carnicero USDA en todos los cruzamientos, los estimados de heterosis para Romosinuano x Brahman fueron intermedios y los de Brahman x Angus fueron los mayores (Riley *et al.*, 2012). El único estudio en Venezuela sobre rasgos cárnicos en toretes cruzados de Senepol x Brahman (1/2 Senepol-1/2 Brahman; 3/4 Senepol-1/4 Brahman y 7/8 Senepol-1/8 Brahman), a pastoreo, es el de Jerez-Timaure *et al.* (2015). Sus resultados mostraron que, la

dilución de la proporción de raza Brahman mediante los diferentes cruces con Senepol, fue insuficiente para obtener diferencias significativas entre los mestizos para rendimiento en canal, calidad de la canal, rendimiento carnicero y calidad gustativa de la carne (Jerez-Timaure *et al.*, 2015).

En cuanto a las pocas ventajas detectadas con el presente experimento para las canales del CEBÚ, estuvo su mejor conformación, observación que difiere del hallazgo de Rotta *et al.* (2009) indicando una conformación inferior de la canal de cebuínos frente a tipos no cebuínos. Otros autores (Vázquez-Mendoza *et al.* (2017), trabajando en corrales de engorde bajo condiciones del trópico mexicano, reportaron calificaciones de conformación por el sistema europeo, similares entre toros cebuínos y toros mestizos (tipos doble propósito). Por otra parte, la tendencia a un mayor rendimiento en canal de los CEBÚ frente a otros biotipos ( $P = 0.095$ ), encuentra apoyo en estudios previos (Huerta-Leidenz *et al.*, 2013; Florez *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2015).

En general, este grupo de toretes con diferentes niveles de herencia *Bos indicus*, sometidos a reimplantes y cebados en sabanas mejoradas, con o sin suplementación proteico-energética, se cosechó a una edad cronológica relativamente temprana ( $< 31$  meses). Aunque la mayoría de las canales, siguiendo los estándares de USDA (2017), calificaron en el rango más joven ("A") de madurez, pocas pudieron alcanzar la primera categoría de calidad ("A") para canales de toretes/toros en Venezuela; quizás porque todos los grupos fueron reimplantados. Edades y/o rangos de madurez un tanto más joven al sacrificio (ca. 27 meses), a puntos finales similares, pero sin implantes, se han reportado con otros grupos raciales, bajo suplementación, en la misma finca (Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz, 2009; Riera-Sigala *et al.*, 2021). El uso de esquemas agresivos de reimplante en novillos cebados intensivamente ha resultado consistentemente en puntuaciones más bajas para marmoleado (Watson *et al.*, 2008; Smith y Johnson, 2020; Webb *et al.*, 2020) y disminución del grado de calidad USDA (Foutz *et al.*, 1997; Duckett *et al.*, 2016) o Meat Standard Australia (Lean *et al.*, 2018). No se consiguieron experiencias previas con toros/toretos a pastoreo, sometidos a implantes repetidos, con suplementación proteico-energética estratégica. Experiencias con toretes suplementados, pero no implantados (Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz, 2009; Riera-Sigala *et al.*, 2021), señalan diferencias no significativas entre grupos raciales para puntuaciones de marmoleado, que en general, corresponden a valoraciones bajas ("ligeras cantidades" a niveles "trazas").

## Parámetros de cocción, propiedades sensoriales y fuerza de corte

De los parámetros culinarios, únicamente la merma (pérdidas) por cocción fue afectada significativamente por el biotipo. La pérdida de peso de la carne durante el tratamiento térmico se debe al encogimiento, principalmente longitudinal, de las fibras musculares y del tejido conectivo intramuscular, que conlleva a la expulsión de agua libre mantenida por fuerzas capilares (Ježek *et al.*, 2019). Por la similitud en edad de los biotipos, las diferencias observadas en pérdidas por cocción no pueden atribuirse a desnaturalización proteica o la mayor proporción de enlaces cruzados que sucede en la molécula de colágeno con el avance en edad, señaladas como responsables de una menor capacidad de retención de agua (Schönfeldt y Strydom, 2011). Otros autores habían notado la tendencia a una mayor pérdida por cocción en bistés de toros jóvenes cebuínos comparada con la de seis genotipos doble propósito (Vazquez-Mendoza *et al.*, 2017). La menor merma por cocción de los bistés de EURO-Tauro-Índicos respecto a sus contrapartes, puede estar relacionada con diferencias en pH final *postmortem* (que no fue medido). En todo caso, las diferencias significativas entre biotipos para la merma por cocción fueron de muy escasa magnitud. Los valores para las mismas están dentro del rango reportado para bistés de LDL (24.5 -34.8 %) por Macharáčková *et al.* (2021).

En el presente trabajo, ninguna propiedad sensorial de la carne de toretes, según el panel de catadores, fue afectada por el biotipo o sus interacciones con modelo de suplementación y/o tipo de reimplante. Con la sola excepción de la intensidad del sabor, las demás propiedades sensoriales (particularmente las relacionadas a terneza de la carne) no superaron el valor medio de 5 puntos (correspondiente a la descripción "ligeramente tierna" de catadores; AMSA, 2016). Con esta calificación relativamente baja para terneza, se puede dudar de una posible aceptabilidad por parte de los consumidores. Esta especulación se afianza en que todos los valores medios de FCWB para biotipos y tratamientos superan los 4.20 kg., excediendo así, el valor máximo (4.09 kg) o umbral de terneza (Rodas-González *et al.*, 2009) requerido para lograr la calificación hedonista de seis puntos ("Me

gusta ligeramente") correspondiente al mínimo nivel de aceptabilidad por los consumidores.

La calidad textural, medida por la FCWB o la calificación del panel sensorial entrenado (catadores) para terneza han sido generalmente menores para progenie (novillos) con 25 % o más de genes *Bos indicus* (Wheeler *et al.*, 2005). Estos autores y otros, han señalado a la actividad elevada de calpastatina *postmortem* de 24 horas como responsable de una menor proteólisis, de desmina y Troponina-T y otras proteínas miofibrilares (Phelps *et al.*, 2017; Wright *et al.*, 2018), resultando, por consiguiente, en una terneza relativamente inferior de lomos de ganado *Bos indicus* respecto a ganado *Bos taurus*. No se encontraron estudios de enzimología para carne de toros/toretos a pastoreo con diferentes planos alimenticios o esquemas de reimplante. Los resultados del presente experimento en cuanto al efecto no significativo de tipo de reimplante sobre propiedades sensoriales sugieren coincidencia parcial con el metaanálisis de Lean *et al.* (2018) indicando que la jugosidad, el sabor y la cantidad de tejido conectivo, no se asocian con el uso de implantes promotores del crecimiento; sin embargo, en este meta-análisis, el uso de implantes múltiples si se asoció con un leve incremento (de 0.248 kg) en la FCWB.

La mejora en calidad textural en el presente experimento fue más notoria en los EURO-Tauro-Índicos sometidos a SUPPL-STRAT y reimplantados con ZER-ZER, pero como se dijo antes, su valor promedio (4.20 kg) excedió el umbral de terneza (Rodas-González *et al.*, 2009). Los resultados indican que la calidad textural para el biotipo CEBÚ se ve perjudicada (con una mayor FCWB) con el reimplante ZER-ZER bajo cualquier modelo de suplementación. En cambio, bajo SUPPL-MIN, la misma mejoró con reimplante ATBES-ZER, dando un valor medio de FCWB significativamente menor al de TROP-Tauro-Índicos, y similar ( $P > 0.05$ ) al de EURO-Tauro-Índicos. No obstante, es necesario hacer hincapié en que los valores medios generales de FCWB asociados con la SUPPL-MIN (4.80 kg) se alejan más del umbral de terneza (Rodas-González *et al.*, 2009) en detrimento de una probable aceptabilidad por parte de los consumidores.

## Conclusiones

Buscando alternativas para enfrentar desafíos en desempeño productivo y calidad de carne de ganado cebuino finalizado a sabana, se comparó la respuesta en caracteres de interés económico de tres biotipos sometidos a dos tipos de suplementación nutricional y

de compuestos anabolizantes (reimplantes). Las inferencias con respecto a los efectos del reimplante deben restringirse a los protocolos utilizados, que no incluyen un tratamiento de control negativo (grupo testigo, no implantado). Las calificaciones de catadores



para propiedades sensoriales, no se ven afectadas por los factores de variación en estudio, pero se constata que la fuerza de corte (determinante de la calidad textural) está sometida a efectos interactivos genético-ambientales. Se puede esperar un mejor desempeño productivo y clasificación venezolana en canal, menores pérdidas por cocción, y una textura cárnica

más favorecida por la combinación de suplementación proteico-energética con reimplante de zeranol, en toretes descendientes de sementales taurinos de origen europeo. Sin embargo, ningún biotipo, tratamiento, o combinación de tratamientos resultaría en lomos de calidad textural o sensorial satisfactoria.

**Conflicto de Interés:** Los autores declaran no tener algún conflicto de interés en la investigación aquí descrita.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Floyd Michael Byers por su ayuda en el diseño del experimento y la metodología para la prueba de suplementación y reimplantes. A Carlos Rodríguez Matos de Hato Santa Luisa C.A. al facilitar animales, instalaciones, y apoyo logístico. Asimismo, a José Félix Avellaneda al proporcionar información sobre los cruzamientos que dieron origen a los biotipos estudiados. Expresamos nuestra gratitud al personal de Matadero Industrial Centro Occidental (MINCO), en particular, a Margarita Arispe Zubillaga por su valiosa asistencia durante la

cosecha de ganado, la evaluación de la canal y otros procedimientos realizados en MINCO. Agradecemos a Martin O'Connors al proporcionar la capacitación en la evaluación de la canal de acuerdo con los estándares del USDA. Asimismo, a Francisco Aguilar Rizzo, en la verificación de categorías de calidad venezolana, y a Marielis Bueso por asistir en la determinación final de grados de calidad y rendimiento según el USDA. Por último, pero no menos importante, es reconocer a Javier Aracena su valioso apoyo en el diseño y edición de gráfico y tablas.

**Financiación:** Esta investigación fue financiada conjuntamente por el Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (FONACIT), el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía y el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), Venezuela.

**Contribuciones de los autores:** N.H.L estuvo a cargo de procurar la financiación y administrar el proyecto. El diseño y descripción de su metodología estuvo a cargo de N.H.L. asistido por N.J.-T., J.O.S., O.V. y A.R.-G. Los datos de campo recopilados que respaldaron esta investigación fueron responsabilidad de N.H.L, N.J.-R. y A.R.-G. Los análisis de curación y estadística de datos fueron responsabilidad de N. J-T y O.V. La tabulación y elaboración de figuras fueron efectuados por N.J.-T y revisados por N.H.-L. N.J.-T., J.O.S. A.R.-G. y O.V. Todos los autores interpretaron, escribieron, revisaron y editaron la estructura del manuscrito. También ayudaron a compilar y revisar la literatura, discutieron el contenido final del manuscrito, aportaron argumentos a los revisores y aprobaron su presentación. Todos los autores han leído y acordado la versión del manuscrito a ser publicado.

**Editado por** Ivanor Nunes do Prado y Aline Freitas de Melo.

### Literatura Citada

- AMSA. 2016. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat. American Meat Science Association Educational Foundation. 105pp.
- Antari, R. 2018. Skeletal growth in cattle in response to nutritional and hormonal manipulation. Ph.D. thesis. School of Agriculture and Food Science. The University of Queensland.  
<https://doi.org/10.14264/uql.2018.555>
- Araujo-Febres, O., y E. Pietrosevoli. 1991. Estudio comparativo de implantes hormonales vs. no hormonales en novillos comerciales a pastoreo con suplementación. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), 8(3): 209-217.  
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25923>
- Bunning, H., E. Wall, M. G. Chagunda, G. Banos, and G. Simm. 2019. Heterosis in cattle crossbreeding schemes in tropical regions: meta-analysis of effects of breed combination, trait type, and climate on level of heterosis. Journal of Animal Science, 97 (1): 29-34. <https://doi.org/10.1093/jas/sky406>
- Byers, F. M., N. O. Huerta-Leidenz, C. Rodríguez Matos, J. Ordoñez, J. F. Avellaneda, and G. Stone Jr. 1997. Strategic nutritional management technologies for enhancing forage beef production in the tropical Venezuelan llanos. Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal, 5 (Supl. 1), 177-179.  
[https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/109](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/109)



- Chacón, E., y H. Marchena. 2008. Tecnologías alimentarias apropiadas para la producción con bovinos a pastoreo. En: C. González Stagnaro, N. Madrid Bury, E. Soto Belloso (Eds.). Desarrollo Sostenible en la Ganadería de Doble Propósito. Fundación GIRARZ, Ediciones Astro Data: Maracaibo, Venezuela; pp. 435-453.
- COVENIN. 1983. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma venezolana 2072-83. Ganado bovino. Inspección Postmortem. p.10, Caracas, Venezuela.
- Crouse, J. D., L. V. Cundiff, R. M. Koch, M. Koohmaraie, and S. C. Seideman. 1993. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. 121.  
<https://digitalcommons.unl.edu/hruskareports/121>
- Decreto Presidencial No. 181 (1994) Gaceta Oficial de la República de Venezuela No 4737. P. 4. Caracas Venezuela.
- Decreto Presidencial No. 1896. 1997. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No 36.242. Venezuela República Bolivariana. p. 4. Caracas, Venezuela.
- Duckett, S. K., B. M. Koch, and J. G. Andrae. 2016. Lean beef production systems for a growing world population. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 24 (2): 75-82.  
[https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/2525](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2525)
- Duckett, S. K., and S. L. Pratt. 2014. Anabolic implants, and meat quality. Meat Science and Muscle Biology Symposium. Journal of Animal Science, 92: 3-9.
- Elzo, M. A., D. D. Johnson, J. G. Wasdin, and J. D. Driver. 2012. Carcass and meat palatability breed differences and heterosis effects in an Angus-Brahman multibreed population. Meat Science, 90: 87-92.
- Flórez, H., G. Martínez, H. Ballesteros, L.M. León, S. Castañeda, E. Moreno, L. E. Arias, J. C. Torres, C. A. Rodríguez, F. Peña y 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.
- Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCT-FONACIT). 2002. Código de Bioética y Bioseguridad, 2nd ed.; Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias y el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: Caracas, Venezuela, pp. 1-35. Disponible online: <https://cupdf.com/download/bioetica-fonacit> (accessed on 10 March 2020).
- Foutz, C.P., H. G. Dolezal, T. L. Gardner, D. R. Gill, J. L. Hensley, and J. B. Morgan. 1997. Anabolic implant effects on steer performance, carcass traits, subprimal yields, and longissimus muscle properties. Journal of Animal Science, 75:1256-1265.
- Freitas Silveira, R. M., J. Ferreira, M. Busanello, A. M. de Vasconcelos, F. L. Jannuzzi Valente, and D. A. Evangelista Facanha. 2021. Relationship between thermal environment and morphophysiological, performance and carcass traits of Brahman bulls raised on tropical pasture: A canonical approach to a set of indicators. Journal of Thermal Biology, 96: 1-10.
- Gama, L. T., M. C. Bressan, E. C. Rodrigues, L. V. Rossato, O. C. Moreira, S. P. Alves, and R. J. B. Bessa. 2013. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. Meat Science, 93: 98-104.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.005>
- Garmyn, A. J. and M. F. Miller. 2014. Implant and beta-agonist impacts on beef palatability. Meat Science and Muscle Biology Symposium. Journal of Animal Science. 92: 10-20.
- Gathura, D. M., T. K. Musaya, and A. K. Kahl. 2020. Meta-analysis of genetic parameters for traits of economic importance for beef cattle in the tropics. Livestock. Science, 242, Article 104306.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104306>.
- Gray, D. G., J. A. Unruh, M. E. Dikeman, and J. S. Stevenson. 1986. Implanting Young Bulls with Zeranol from Birth to Four Slaughter Ages: III. Growth Performance and Endocrine Aspects. Journal of Animal Science, 63:747-756.
- Greathouse, J. R., M. C. Hunt, M. E. Dikeman, L. R. Corah, C. L. Kasmer and D. H. Kropf. 1983. Ralgro-Implanted bulls: Performance, carcass characteristics, *longissimus* palatability and electrical stimulation. Journal of Animal Science, 57:355-363.
- Huerta-Leidenz, N., N. Jerez-Timaure, A. Rodas-González, J. O. Sarturi, M. M. Brashears, M. F. Miller, and M. T. Brashears. 2022. The effects of castration, implant protocol, and supplementation of *Bos indicus*-influenced beef cattle under tropical savanna conditions on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. Animals, 12, 366.  
<https://doi.org/10.3390/ani12030366>.

- Huerta-Leidenz, N., N. Jerez-Timaure, S. Godoy, C. Rodríguez-Matos, and O. Araujo-Febres. 2021. Fattening performance and carcass traits of implanted and supplemented grass-fed bulls. *Revista Científica FCV-LUZ*, 31 (2): 53-60. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-luz312.art2>
- Huerta-Leidenz, N., O. Hernández, A. Rodas-González, J. Ordoñez V., H. L. Pargas, E. Rincón, A. Del Villar, y B. Bracho. 2013. Peso corporal y rendimiento en canal según clase sexual, tipo racial, condición muscular, edad y procedencia de bovinos venezolanos. *Nacameh* 7 (2): 75-96.
- Hunt, D. W., D. M. Henricks, G. C. Skelley, and L. W. Grimes. 1991. Use of enbolone acetate and estradiol in intact and castrate male cattle: Effects on growth, serum hormones, and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 69:2452-2462.
- Jerez-Timaure, N., and N. Huerta-Leidenz. 2009. Effects of breed type and supplementation during grazing on carcass traits and meat quality of bulls fattened on improved savannah. *Livestock Science*. 121, 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.06.015>
- Jerez-Timaure, N., G. Martínez, y M. González. 2015. Valor comercial de la canal y de la carne de toretes Senepol x Brahman en Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ*, 25 (6): 462-470.
- Ježek, F., J. Kameník, B. Macharáčková, K. Bogdanovičová, and J. Bednář. 2019. Cooking of meat: effect on texture, cooking loss and microbiological quality – a review. *Acta Veterinaria Brno*, 88:487-496. <https://doi.org/10.2754/avb201988040487>
- Johnson, B. J., F. R. B. Ribeiro, and J. L. Beckett. 2013. Application of growth technologies in enhancing food security and sustainability. *Animal Frontiers* 3: 8-13. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0018>
- Johnston, D. J., A. Reverter, D. M. Ferguson, J. M. Thompson, and H. M. Burrow. 2003. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass, and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds. 3. Meat quality traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 135-147.
- Kirkpatrick, T. J. 2020. The effect of growth-promoting implants and feeding duration on live performance and behavioral characteristics, biometric measurements, empty body composition, and energy retention of serially harvested beef steers. M.Sci. thesis. West Texas A&M University. <https://wtamu-ir.tdl.org/bitstream/handle/11310/315/KIRKPATRICK-THESIS-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lascano, C. E. 1991. Harris Stobbs Memorial Lecture: Managing the grazing resource for animal production in tropical America. *Tropical grasslands*, 25, 66-72.
- Lean, I. J., H. M. Golder, N. M. Lees, P. Mc Gilchrist, and J.E. Santos. 2018. Effects of hormonal growth promotants on beef quality: A meta-analysis. *Journal of Animal Science*, 96: 675-2697.
- Macharáčková, B., K. Bogdanovičová, F. Ježek, J. Bednář, D. Haruštiaková, and J. Kameník. 2021. Cooking loss in retail beef cuts: The effect of muscle type, sex, ageing, pH, salt, and cooking method. *Meat Science*, 171: 108270. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108270>
- Montero, A., N. Huerta-Leidenz, A. Rodas-González, and L. Arenas de Moreno. 2014. Fabrication, and variation of the cut-out yield of beef carcasses in Venezuela: Anatomical description of the process and equivalency of cut nomenclature to North American counterparts. *NACAMEH*, 8:1-22.
- Morón-Fuenmayor, O., and J. L. Rumbos-Gómez. 1997b. Uses of anabolic agents on the growth of crossbred commercial bulls as a management strategy in Venezuelan savannas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 5: 183-185. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/111](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/111)
- Morón-Fuenmayor, O., and J. L. Rumbos-Gomez. 1997a. Dual implantation use and breed type effect on bulls under savanna conditions. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 5: 180-181. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/110](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/110)
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*; The National Academies Press: Washington, DC, USA, p. 494. <https://doi.org/10.17226/9791>
- Ordoñez, J. A. 2020. Una revisión de los sistemas de apareamiento para el trópico. *Novasinergia* 3 (1): 6-16. diciembre-mayo. <https://doi.org/10.37135/ns.01.05.01>
- Pereira, A. S. C., F. Baldi, R. D. Sainz, B. L. Utembergue, H. L. J. Chiaia, C. U. Magnabosco, F. R. Manicardi, F. R. C. Araujo, C. F. Guedes, R. C. Margarido, P. R. Leme, and P. J. A. Sobral. 2015. Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus, and Brahman sires under tropical conditions. *Animal Production Science*, 55:1295-1302. <https://doi.org/10.1071/AN13505>
- Phelps, K. J., D. D. Johnson, M. A. Elzo, C. B. Paulk, and J. M. González. 2017. Effect of Brahman genetics on myofibrillar protein degradation, collagen crosslinking, and tenderness of the *longissimus lumborum*. *Journal of Animal Science*, 95:5397-5406. <https://doi.org/10.2527/jas2017.2022>

- Plasse, D. 1992. Presente y futuro de la producción bovina en Venezuela. En: C. González Stagnaro (Ed). Ganadería Mestiza de Doble Propósito Universidad de Zulia, Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias, FUSAGRI, GIRARZ, Maracaibo, Venezuela, pp. 1-24.
- Plasse, D. 2000. Cruzamiento en bovinos de carne en América Latina tropical: Que sabemos y que nos falta saber. En: Anais do III Simpósio Nacional de Melhoramento Animal - Palestras (pp. 165-179). Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Plasse, D., H. Fossi, R. Hoogesteijn, O. Verde, C. M. Rodríguez, R. Rodríguez, and P. Bastidas. 1995. Growth of F1 *Bos Taurus* × *Bos indicus* versus *Bos indicus* beef cattle in Venezuela<sup>†</sup>. II. Initial, final, and carcass weight of bulls, and breeding weight of heifers. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 12: 133-145.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1995.tb00548.x>
- Plasse, D., O. Verde, H. Fossi, R. Romero, R. Hoogesteijn, P. Bastidas, and J. Bastardo. 2002. (Co)variance components, genetics parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 119:141-1153.  
<https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2002.00321.x>
- Platter, W. J., J. D. Tatum, K. E. Belk, J. A. Scanga, and G. C. Smith. 2003. Effects of repetitive use of hormonal implants on beef carcass quality, tenderness, and consumer ratings of beef palatability. *Journal of Animal Science*, 81: 984–996.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.  
<https://www.R-project.org/>
- Reichhardt, C. C., R. Feuz, T. J. Brady, L. A. Motsinger, R. K. Briggs, B. R. Bowman, M. D. Garcia, R. Larsen, and K. J. Thornton. 2021. Domestic Animal Endocrinology, 77: 106633.  
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2021.106633>
- Riera-Sigala T., N. Huerta-Leidenz, M. Arispe-Zubillaga, A. Rodas-González, and N. Jerez-Timaure. 2022. Assessing the impact of *Bos taurus* × *Bos indicus* crossbreeding and *postmortem* technologies on the eating quality of loins from pasture-finished young bulls. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 30 (3): en prensa [www.doi.org/10.53588/alpa.300310](http://www.doi.org/10.53588/alpa.300310)
- Riera-Sigala, T., A. Rodas-González, C. Rodríguez-Matos, J. Avellaneda-Barbarito, y N. Huerta-Leidenz. 2004. Rasgos de crecimiento y pesos en canal de toros Brahman puros y F1 Brahman × *Bos taurus* criados y cebados semi-intensivamente en sabana mejorada. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12: 66-72. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/19](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/19)
- Riera-Sigala, T., N. Huerta-Leidenz, N. Jerez-Timaure, A. Rodas-González, J. Ordoñez-Vela, and A. Moya. 2021. Preliminary observations on carcass traits and meat yield of five types of Brahman-influenced grass-fed bulls. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 29(1-2): 67-78. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/2853](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2853)
- Riley, D. G., C. C. Chase Jr., S. W. Coleman, W. A. Phillips, M. F. Miller, J. C. Brooks, D. D. Johnson, and T. A. Olson. 2012. Genetic effects on carcass quantity, quality, and palatability traits in straightbred and crossbred Romosinuano steers. *Journal of Animal Science*, 90(7):2159. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4471>
- Rodas-González, A., N. Huerta-Leidenz, and N. Jerez-Timaure. 2017. Benchmarking Venezuelan quality grades for grass-fed cattle carcasses. *Meat Muscle Biol.* 1: 71-80. <https://doi.org/10.22175/mmb2017.04.0022>
- Rodas-González, A., N. Huerta-Leidenz, N. Jerez-Timaure, and M. F. Miller. 2009. Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Science*, 83:218-223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.04.021>
- Romero, R., D. Plasse, O. Verde, R. Hoogesteijn, P. Bastidas y R. Rodríguez. 2000. Absorción de Brahman a Guzerá y Nelore en pasto mejorado. 1. Porcentajes de preñez, parición, destete y disponibilidad a dieciocho meses. *Livest. Res. Rural Development*. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/3/rome123.htm>
- Rotta, P. P., R. Martin do Prado, I. Nunes do Prado, M. Velandia Valero, J. Vergilio Visentainer, R., and Rodrigues Silva. 2009. The Effects of Genetic Groups, Nutrition, Finishing Systems and Gender of Brazilian Cattle on Carcass Characteristics and Beef Composition and Appearance: A Review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 22 (12): 1718 - 1734.
- Sarmiento, G., M. Pinillos, M. Pereira da Silva, and D. Acevedo. 2004. Effects of soil water regime and grazing on vegetation diversity and production in a hyperseasonal savanna in the Apure's Llanos, Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*, 20: 2019-220.
- SAS INSTITUTE. 2022. SAS OnDemand for Academics Release 9.04.01M5P09132017 SAS Institute Inc. [https://www.sas.com/es\\_mx/software/on-demand-for-academics.html](https://www.sas.com/es_mx/software/on-demand-for-academics.html)
- Scheffler, T. L. 2022. Connecting heat tolerance and tenderness in *Bos indicus* Influenced cattle. *Animals*, 12,220. <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
- Schönfeldt, H. C., and P. E. Strydom. 2011. Effect of age and cut on cooking loss, juiciness, and flavour of South African beef. *Meat Science*, 87: 180-190.



- Schutt, K. M., H. M. Burrow, J. M. Thompson, and B. M. Bindon. 2009. Brahman and Brahman crossbred cattle grow on pasture and in feedlots in subtropical and temperate Australia. 2. Meat quality and palatability. *Animal Production Science*, 49: 452-460, <https://doi.org/10.1071/EA08082>
- Smith, J. K., E. J. Chacón-Moreno, R.H.G Jongman, Ph. Wenting, and J. H. Loedeman, 2006. Effect of dyke construction on water dynamics in the flooding savannahs of Venezuela. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 81-96.
- Smith, S. H., R. F. Plmpton Jr., B. D. VanStavern, N. A. Parrett, and H. W. Ockerman. 1989. The effects of four implant treatments and two feeding systems on carcass and palatability characteristics of young bulls. *Journal of Animal Science*. 67:2655- 2660. <https://doi.org/10.2527/jas1989.67102655x>
- Smith, Z. K., and B. J. Johnson. 2020. Mechanisms of steroidal implants to improve beef cattle growth: A review. *Journal of Applied Animal Research*. 48: 133-141. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1751642>
- Song, M. K., and S.H. Choi. 2001. Growth promoters and their effects on beef production - Review -. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 14, 123-135. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.123>
- Tejos, M. R., N. Mejías, Y. Pérez, y J. F. Avellaneda. 2005. Manejo de pasturas y producción de carne en el llano bajo de Venezuela. *Memorias del IX Seminario de pastos y forrajes*. 171-181. [http://avpa.ula.ve/eventos/ix\\_seminario\\_pastosyforraje/Conferencias/C13-\[1\] RonyTejos%20M.pdf](http://avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastosyforraje/Conferencias/C13-[1]RonyTejos%20M.pdf)
- Torrecilhas, J. A., E. San Vito, G. Fiorentini, P. de Souza Castagnino, T. A. Simioni, J. F. Lage, and T. T. Berchielli. 2021. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. *Livestock Science*, 247:104465. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104465>
- Torres, G. R. 1994. The agroecosystem modules de Apure as an instrument to confront drought. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 11:175-189.
- USDA. 2017. Official United States Standards for Grades of Carcass Beef. Washington, DC. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service.
- Vázquez-Mendoza, O. V., G. Aranda-Osorio, M. Huerta-Bravo, A. E. Kholif, M. M. Y. Elghandour, A. Z. M. Salem, and E. Maldonado-Simán. 2017. Carcass and meat properties of six genotypes of young bulls finished under feedlot tropical conditions of Mexico. *Animal Production Science*, 57: 1186-1192. doi:10.1071/AN141037
- Watson, R., R. Polkinghorne, A. Gee, M. Porter, J.M. Thompson, D. Ferguson, D. Pethick, and B. McIntyre. 2008. Effect of hormonal growth promotants on palatability and carcass traits of various muscles from steer and heifer carcasses from a *Bos indicus-Bos taurus* composite cross. *Australian Journal of Experimental Agriculture*., 48: 1415-1424.
- Webb, M. J., J. J. Block, A. A. Harty, R. R. Salverson, R. F. Daly, J. R. Jaeger, K. R. Underwood, R. N. Funston, D. P. Pendell, C. A. Rotz, K. C. Olson, and A. D. Blair. 2020. Cattle and carcass performance, and life cycle assessment of production systems utilizing additive combinations of growth promotant technologies. *Translational Animal Science*, 4:1-15 doi: 10.1093/tas/txaa216
- Wheeler, T. L., S. D. Shackelford, and M. Koohmaraie. 2005. Carcass and meat traits of tropically adapted breeds evaluated at the U.S. Meat Animal Research Center. En: *A Compilation of Research Results Involving Tropically Adapted Beef Cattle Breeds*. S-243 and S-277 Multistate Research Projects. Southern Cooperative Series Bulletin 405. p.p.154-161 ISBN: 1-58161-405-5.
- Wright, S. A., P. Ramos, D. D. Johnson, J. M. Scheffler, M. A. Elzo, R. G. Mateescu, A. L. Bassa, C. C. Carra, and T. L. Schefflera. 2018. Brahman genetics influence muscle fiber properties, protein degradation, and tenderness in an Angus-Brahman multi-breed herd. *Meat Science*, 135:84-93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.006>