

---

ARTÍCULO CIENTÍFICO

## Suplementación con DDGS en novillos en pastoreo y su efecto sobre el desempeño productivo y medidas ultrasonográficas<sup>1</sup>

*Keylor Aguilar-Alfaro<sup>2</sup>, Augusto Rojas-Bourrillon<sup>3</sup>, Julio Rodríguez-González<sup>4</sup>, Milton Villareal-Castro<sup>5</sup>,  
Olger Murillo-Bravo<sup>6</sup>, Carlos M. Campos-Granados<sup>7</sup>*

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación con granos secos de destilería con solubles de maíz (DDGS) en novillos castrados y encastados brahman en un sistema de pastoreo sobre las variables de desempeño productivo y mediciones ultrasonográficas. El estudio se realizó en un sistema de pastoreo rotacional en el trópico húmedo de Costa Rica, donde los animales fueron suplementados durante 110 días de finalización y se sometieron a dos suplementos nutricionales, o tratamientos, con 16 repeticiones cada uno; el primero correspondió a un suplemento de uso comercial en el país y el segundo basado en DDGS. Los animales se pesaron mensualmente para calcular la ganancia diaria de peso (GDP) y la condición corporal (CC) se midió al inicio y al final del período de engorde. Las mediciones ultrasonográficas de profundidad muscular, grosor de grasa dorsal, grosor de grasa en la grupa y marmoleo fueron evaluadas. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ) para ninguna de las variables, pero los valores de GDP obtenidos (0,98 kg para el T1 y 0,99 kg para el T2) son indicadores de un buen desempeño productivo de los animales bajo las condiciones

---

<sup>1</sup>Esta investigación forma parte del trabajo de graduación de licenciatura del primer autor en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Escuela de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

<sup>2</sup>Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal. San José, Costa Rica. Correo electrónico: [keylor.aguilar@hotmail.com](mailto:keylor.aguilar@hotmail.com) (<https://orcid.org/0009-0009-4428-8134>)

<sup>3</sup>Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal. San José, Costa Rica. Correo electrónico: [arojasbourrillon@gmail.com](mailto:arojasbourrillon@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-9834-2361>)

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. Correo electrónico: [jurodriguez@itcr.ac.cr](mailto:jurodriguez@itcr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0002-8426-8842>)

<sup>5</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. Correo electrónico: [mvillarreal@itcr.ac.cr](mailto:mvillarreal@itcr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0003-2884-3328>)

<sup>6</sup>Instituto Tecnológico de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. Correo electrónico: [olmurillo@itcr.ac.cr](mailto:olmurillo@itcr.ac.cr) (<https://orcid.org/0009-0000-1139-6029>)

<sup>7</sup>Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal. San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: [carlosmario.campos@ucr.ac.cr](mailto:carlosmario.campos@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0002-0079-2621>)

Recibido: 30 junio 2023      Aceptado: 29 noviembre 2023

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



de este estudio y superiores a las que regularmente se reportan para animales *Bos indicus* (0,70-0,80 kg). Con respecto a la CC final de los animales (6,91 para el T1 y 6,81 para el T2), los valores obtenidos son señal de un buen desempeño productivo bajo las condiciones de este estudio y se consideran aceptables para animales *Bos indicus* en condiciones tropicales (CC 6-7). Por otro lado, las mediciones obtenidas se consideran dentro de los rangos esperados para animales *Bos indicus* en condiciones tropicales. Se pudo concluir que la suplementación con DDGS en novillos encastados con brahman no tuvo efectos equivalentes a un concentrado comercial sobre el desempeño productivo y las mediciones ultrasonográficas bajo las condiciones de este estudio.

**Palabras clave:** DDGS, novillos, suplementación, ultrasonido, condición corporal, ganancia diaria de peso.

#### ABSTRACT

Supplementation with DDGS in grazing steers and its effect on productive performance and ultrasonographic measurements. The effect of supplementation with distillers dried grains with corn solubles (DDGS) in castrated Brahman steers in a grazing system on productive performance variables and ultrasonographic measurements was evaluated. The study was carried out in a rotational grazing system in the humid tropics of Costa Rica, where the animals were supplemented for 110 days of finishing and underwent two nutritional supplements or treatments with 16 repetitions each, the first corresponded to a supplement for commercial use in the country and the second based on DDGS. The animals were weighted monthly to calculate average daily gain (ADG) and body condition score (BCS) was measured at the beginning and at the end of the fattening period. Ultrasonographic measurements of muscle depth, back fat

thickness, rump fat thickness, and marbling were evaluated. No significant differences were obtained between the treatments ( $p > 0.05$ ) for any of the variables. Still, the ADG values (0.98 kg for T1 and 0.99 kg for T2) are indicative of a good productive performance under the conditions of this study and higher than those regularly reported for *Bos indicus* animals (0.70-0.80 kg). Regarding the final BCS of the animals (6.91 for T1 and 6.81 for T2), the values obtained are a sign of good productive performance under these states. They are considered acceptable for *Bos indicus* animals in tropical conditions (CC 6-7). On the other hand, the measurements obtained are considered within the expected ranges for *Bos indicus* animals in tropical conditions. It was possible to conclude that supplementation with DDGS in grazing Brahman steers did not have effects equivalent to a commercial concentrate on productive performance and ultrasonographic measurements under the conditions of this study.

**Keywords:** DDGS, steers, supplementation, ultrasound, body condition score, average daily gain.

## INTRODUCCIÓN

La carne roja producida por los bovinos se considera un alimento de gran importancia como fuente de proteína de origen animal y se consume frecuentemente en la mayoría del mundo (entre el 80% y el 90% de la población total) con un promedio de consumo de 9,62 kg per cápita (Schmidhuber y Shetty, 2005; Pereira y Vicente, 2013; Sans y Combris, 2015; Fabbri et al., 2016; FAO, 2016; FAO, 2021). Los países desarrollados son los que consumen en mayor cantidad, según el promedio anual por persona (40,42 kg), en comparación a los países en desarrollo (5,21 kg) (FAO, 2021). En Costa Rica, el consumo al año per cápita de carne es de 13,4 kg (CIAB, 2022).

La producción de bovinos de carne en condiciones tropicales, como sucede en Costa Rica, se

basa primordialmente en el pastoreo. Se conoce que las forrajeras tropicales favorecen la utilización de este sistema de alimentación, como lo son la elevada producción de biomasa y la respuesta a la fertilización. Sin embargo, desde el punto de vista nutricional, tienen serias limitaciones en cuanto al contenido energético, la digestibilidad de la materia seca y el contenido elevado del componente fibroso; que además limita su consumo por parte de los animales (Rojas-Bourrillon y Campos-Granados, 2015; Arthington y Ranches, 2021).

La alimentación de los animales es posiblemente el factor con mayor impacto en la productividad de estos (Boleman et al., 1996); principalmente sobre variables productivas claves como ganancia diaria de peso, peso a matanza, edad de matanza y sobre el rendimiento a canal (Miller et al., 1987). Se ha establecido la necesidad de buscar alternativas nutricionales que permitan intensificar la producción de carne, así como compensar las deficiencias que las plantas forrajeras tropicales tienen (Rojas-Bourrillon y Campos-Granados, 2015; Arthington y Ranches, 2021).

Una de las estrategias que ha demostrado su eficacia en la intensificación de la producción y en la mejora de la rentabilidad de los sistemas de producción cárnica es la suplementación estratégica (Arronis, 2003; Rojas-Bourrillon y Campos-Granados, 2015). Esta permite mejorar los aportes totales de la dieta y no compromete el consumo de materia seca de los animales.

Además, esta mejora en el desempeño de los animales se asocia también con el precio de la carne y, por ende, con la rentabilidad de los sistemas (Herrera-Muñoz et al., 2016). Por otra parte, permite ofrecer un producto que cumpla con las exigencias del consumidor actual, cuya percepción sobre la carne ha cambiado drásticamente en los últimos años; ahora hay mayor conciencia de factores como la salud, el perfil nutricional y la calidad sensorial. Los consumidores prefieren carne de calidad a un precio asequible, atractivo color brillante, suavidad, jugosidad y procesada en condiciones higiénicas (Kandeepan et al., 2009).

Dentro de las posibilidades de suplementación en las condiciones de producción en Costa Rica, los subproductos de la destilería del maíz (DDGS) se convierten en una opción viable. Estos son considerados una fuente de proteína no degradable en el rumen (PNDR) o sobrepasante, y su contenido energético es comparable con el grano de maíz (Erickson et al., 2005). Además,

es un producto que se ha utilizado por mucho tiempo y con frecuencia en nuestro país, de manera tal que asegura su disponibilidad en el año.

Los DDGS también son fuente de grasa (11,6% de la materia seca) (Mata, 2017), la cual contribuye con aportes de energía en la dieta de los animales, de ahí su potencial de uso en sistemas de alimentación en pastoreo con suplementación estratégica. Aunado a esto, los DDGS aportan cantidades importantes de ácidos grasos insaturados; entre ellos el ácido linoleico (Tjardes y Wright, 2002), que favorece procesos de biohidrogenación ruminal y mejora el contenido de intermediarios del proceso en la carne y en la leche. Un ejemplo de esto es el ácido linoleico conjugado (ALC), un compuesto con propiedades beneficiosas para la salud de las personas (Chin et al., 1994; Lee et al., 1994; Miller et al., 1994; Park et al., 1997; Houseknecht et al., 1998; Pariza et al., 2001; Miranda et al., 2014).

Por todas estas razones, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto que tiene la suplementación con DDGS en novillos en pastoreo intensivo sobre el desempeño productivo y mediciones ultrasonográficas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El proyecto se desarrolló durante los meses de agosto a noviembre del 2018. Se llevó a cabo en la Finca La Vega, Unidad de Ganado de Carne del Programa de Producción Agropecuaria (PPA), perteneciente a la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos. Dicha finca se encuentra ubicada en el distrito de Florencia, en las coordenadas 10° 46' 47" latitud norte y 84° 51' 76" longitud oeste. La zona cuenta con una altitud media de 72 m s. n. m., una temperatura promedio de 26,5 °C, una humedad relativa del 84% y una precipitación media anual de 3062 mm (Ramírez-Barboza et al., 2016).

## Diseño del experimento, animales y dietas

Se utilizaron 32 novillos castrados y encastados de la raza brahman, con un peso inicial promedio de 395,19 kg y 26 meses de edad promedio. Fueron asignados a dos tratamientos con 16 repeticiones cada uno: T1: control y T2: DDGS.

Los animales consumieron una dieta compuesta por pastoreo rotacional de diferentes especies presentes en el módulo de engorde [ratana (*Ischaemum indicum*), toledo (*Brachiaria brizantha* cv. toledo), tanner (*Brachiaria arrecta*) y guinea (*Megathyrsus máximo*)] (Cuadro 1); su composición bromatológica se muestra en el Cuadro 2, el mineral para engorde a libre consumo, el agua a libre consumo y los 3 kg de alimento balanceado, de acuerdo con el tratamiento propuesto (Cuadro 3). Los alimentos balanceados fueron formulados de manera tal que fuesen isoproteicos (13% de proteína cruda) e isoenergéticos (3200 kcal/kg de energía digestible).

Cuadro 1. Composición botánica presente en los potreros consumidos por los novillos.

Especie forrajera	Composición porcentual (%)
<i>Megathyrsus maximum</i> (guinea)	44,97
<i>Brachiaria arrecta</i> (tanner)	27,10
<i>Ischaemum indicum</i> (ratana)	13,89
<i>Echinochloa polystachya</i> (para alemán)	8,44
Material senescente	4,51
Leguminosas	0,57
Arvenses	0,52
Total	100,00

Cuadro 2. Composición bromatológica de la mezcla de especies forrajeras presentes en los potreros consumidos por los novillos.

Nutriente	Valor reportado (%)
Materia seca (MS)*	16,72
Proteína cruda (PC)*	10,98
Fibra detergente neutro (FDN)**	67,92
Fibra detergente ácido (FDA)**	37,72
Cenizas (Ce)*	10,14
Extracto etéreo (EE)*	2,37
Lignina (Lig)**	2,38
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)**	72,86
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la FDN (DIVFDN)**	59,94
Carbohidratos no fibrosos (CNF)***	13,01
Total de nutrientes digestibles (TND)***	59,26
Energía digestible (ED)***	2612 kcal/kg MS
Energía neta de ganancia (ENg)***	0,75 Mcal/kg MS

\*Fuente: Laboratorio de Química. Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). Universidad de Costa Rica. Metodología de química húmeda. AOAC (1998).

\*\*Fuente: Laboratorio de Bromatología. Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). Universidad de Costa Rica. Metodología de química húmeda (Van Soest et al., 1991).

\*\*\*Fuente: datos obtenidos mediante la ecuación mecanicista. NRC (2001).

Cuadro 3. Fórmula cuali-cuantitativa de los alimentos balanceados utilizados en el experimento.

Ingrediente	Nivel de inclusión (%)	
	T1	T2
Maíz	43,76	60,00
Harina de soya	4,34	--
Harina de coquito de palma africana	30,00	--
DDGS	--	23,00
Grasa de sobrepaso	2,50	--
Urea	0,65	0,65
Acemite de trigo	8,00	1,60
Melaza	8,00	12,00
Carbonato de calcio	2,00	2,00
Sal	0,50	0,50
Premix de vitaminas y minerales	0,25	0,25
Total	100,00	100,00

Los animales eran llevados todos los días en la mañana desde el potrero hasta una instalación de alimentación, que se componía de una batería techada de comederos individuales y una pileta con agua para ambos grupos. De esta manera, se podía asegurar y monitorear el consumo individual de los tratamientos. Desde el punto de vista sanitario, los animales se desparasitaron interna y externamente al inicio del período de engorde, el cual duró 110 días.

### Variables evaluadas

Ganancia diaria de peso (GDP) y condición corporal (CC)

Los animales se pesaron al inicio del proyecto y una vez al mes durante todo el período de engorde utilizando una romana Tru-test XR-3000®; con esta información se calculó la GDP. Además, durante los días de pesaje se evaluó la CC de los animales utilizando la escala americana de 1 a 9, según la metodología propuesta por Eversole et al. (2009).



## Mediciones de ultrasonido

Al inicio y al final del proceso de engorde, se evaluó el nivel de marmoleo, profundidad muscular, grasa de grupa (rumpfat), y espesor de grasa dorsal (backfat) en el anca y a la altura del lomo de los animales (Guitou, 2007) por medio de la ultrasonografía. Para esto, se utilizó el equipo ALOKA 500 UST-5044-3.5 y el software desarrollado por la Universidad Estatal de Kansas (Houghton y Turlington, 1992).

## Análisis estadístico

Se utilizó un diseño irrestricto al azar con dos tratamientos y 16 repeticiones por tratamiento, en el cual se analizaron las características de crecimiento (GDP) y mediciones por ultrasonografía. Para esto se planteó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación que corresponde a la  $i$ -ésima suplementación.

$\mu$  = Media poblacional.

$S_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima suplementación.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la observación  $Y_{ij}$ .

La separación de las medias para GDP y las mediciones de ultrasonido se analizaron por medio de la prueba de Tukey con un 95% de confianza ( $p \leq 0.05$ ). En el caso de la condición corporal, la comparación de medias se hizo utilizando métodos no paramétricos respecto a la diferencia generada al inicio y al final del engorde según la dieta. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ganancia diaria de peso (GDP) y cambios en la condición corporal (CC)

No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para la GDP entre los tratamientos, siendo estos valores muy similares entre sí ( $0,98 \pm 0,09$  kg T1 y  $0,99 \pm 0,10$  kg T2). Esto puede asociarse a que ambas dietas fueron formuladas de manera que tuviesen concentraciones proteicas y energéticas similares. En cuanto a los animales, estuvieron bajo las mismas condiciones climáticas y consumieron pasturas con características nutricionales muy similares. Por lo tanto, las pequeñas diferencias se podrían atribuir a características propias del animal; como la genética, el temperamento, la eficiencia en la conversión de alimento, el metabolismo, entre otras (Rojas-Bourrillon y Campos-Granados, 2015).

Estos datos son semejantes a los reportados por Quesada (2019) en el mismo módulo de alimentación, con ganancias promedio de 0,79 kg en novillos en pastoreo, pero con un consumo mayor de alimento balanceado (4 kg). Asimismo, son equivalentes a los reportes de Ramírez (2014), con animales brahman puros y cruces F1 con razas europeas suplementados con diferentes niveles de energía, obteniendo ganancias entre 0,93 y 1,12 kg. En otras investigaciones, donde se evaluó el efecto de la suplementación con DDGS, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el desempeño productivo de los animales al evaluar la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA) (Martin et al., 2007; Stalker et al., 2009; Bohnert et al., 2013; Wilson et al., 2015). Esto concuerda con los valores encontrados en este estudio.

Los resultados de los investigadores anteriormente mencionados son atribuidos a variaciones en las características genéticas y a cambios en el temperamento de los animales. Esto influye directamente sobre el consumo de materia seca y, por ende, afecta la eficiencia en la conversión de alimento (Martin et al., 2007; Stalker et al., 2009; Bohnert et al., 2013; Wilson et al., 2015). Aunque estos valores de GDP son más altos que los reportados por otros autores en Costa Rica en condiciones similares a las de este estudio (0,800 kg) (Arronis y Morales, 2021), se podría determinar de qué manera los medios y esta respuesta animal se pueden explicar,

en cierta medida, por la edad de los animales. En promedio, los novillos rondaban los 29 meses de vida al momento de la matanza. La edad tiene un efecto directo en el crecimiento de los animales, ya que, después de los 18 meses, el crecimiento empieza a mermar debido a que el animal empieza a alcanzar la madurez y pierde eficiencia en la conversión de alimento a kg de carne, reduciendo la productividad del sistema (Ruiz et al., 1967; Herrera et al., 2008; Sánchez, 2016).

Con respecto a la CC final ( $6,91 \pm 0,46$  T1 y  $6,81 \pm 0,46$  T2) y a los cambios en la CC de los animales al final del período de engorde con respecto al inicio ( $2,03 \pm 0,51$  T1 y  $1,94 \pm 0,23$  T2), no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Esto concuerda con lo reportado por Sánchez (2000), quien señala que existe una relación directa entre la GDP y la CC y, al no haber diferencias en la GDP, no se deberían encontrar disparidades en la variación de la CC.

### Mediciones ultrasonográficas

#### Profundidad de músculo (PM) y espesor de grasa dorsal (EGD)

En el cuadro 4 se muestran los valores obtenidos para las variables de PM y EGD mediante la técnica de ultrasonido.

Cuadro 4. Valores obtenidos para las variables ultrasonográficas de profundidad de músculo (PM) y espesor de grasa dorsal (EGD) de los novillos.

Variable	Tratamiento	n	Valor inicial (mm)	Valor final (mm)	Diferencia (mm)
PM	T1	16	$58,22 \pm 10,31$	$74,03 \pm 6,84$	$15,82 \pm 6,08$
	T2	16	$60,75 \pm 7,78$	$71,62 \pm 8,31$	$10,87 \pm 5,14$
EGD	T1	16	$3,77 \pm 0,72$	$5,31 \pm 1,49$	$1,55 \pm 0,15$
	T2	16	$4,18 \pm 1,39$	$5,97 \pm 1,13$	$1,79 \pm 0,23$

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ) para las variables evaluadas. Los valores obtenidos para PM son similares a los reportados por Quesada (2019), que oscilan entre 79,77 y 81,51 mm, en una investigación realizada en las mismas instalaciones con animales cruzados. Sin embargo, son mayores a los reportados por Ramírez (2014), los cuales van de 53,89 a 58,60 mm en animales cruzados; esta pequeña variabilidad se podría deber a la diferencia entre razas.

Con respecto al EGD, los datos que se obtuvieron son similares a lo reportado por Quesada (2019) con promedios entre 5,17 y 6,53 mm. Además, son superiores a los de Ramírez (2014), quien encontró valores que van desde 3,16 a 4,21 mm. Estas evaluaciones son importantes, pues canales desprovistos de grasa de cobertura se relacionan con bajas calidades de carne. Esto se debe al aislamiento térmico que favorece la presencia de esta grasa durante el proceso de enfriamiento de la canal y pueden generar problemas de calidad (mayor dureza) asociados a la condición de acortamiento por frío (*cold shortening*) (Honikel et al., 1983; Ramanathan et al., 2020).

### Grasa de la grupa (GG) y marmoleo

En el cuadro 5 se presentan los valores promedio obtenidos para las variables de GG y marmoleo.

Cuadro 5. Valores obtenidos para las variables ultrasonográficas de grasa de la grupa y marmoleo de los novillos.

Variable	Tratamiento	n	Valor inicial	Valor final	Diferencia
GG (mm)	T1	16	6,93 ± 2,37	11,25 ± 4,13	4,32 ± 3,37
	T2	16	6,79 ± 2,34	13,55 ± 5,44	6,75 ± 2,49
Marmoleo	T1	16	4,96 ± 1,26	4,78 ± 1,15	-0,18 ± 0,10
	T2	16	4,88 ± 1,24	5,43 ± 1,22	0,55 ± 0,15

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ) para las variables evaluadas. En el caso de la GG, los valores obtenidos son similares a los promedios reportados por Quesada (2019), de 9,46 mm y 12,75 mm.

Con respecto a los valores de marmoleo observados, estos son superiores a los reportados por Ramírez (2014) y Quesada (2019), quienes encontraron valores entre 3,01-3,76 y 2,64-3,69, respectivamente; y a los reportados por Rodríguez-González et al. (2018) en cruces F1 entre brahman y charolais con un valor promedio de 3,02. Además, los valores obtenidos en esta investigación se asocian con los grados de marmoleo ligero (4,0-4,9) y poco marmoleo (5,0-5,9), y esto es congruente con el hecho de que el marmoleo se ve influenciado por factores como contenido energético de la dieta, desarrollo del animal, raza, entre otros (Ramírez, 2014; Quesada, 2019). Asimismo, en el caso de este estudio, la genética, las dietas con concentración energética media y el manejo utilizado se asociaron con bajos valores de marmoleo, algo que se esperaba obtener.

Es importante mencionar que el nivel de marmoleo se relaciona principalmente con el factor genético. Las razas *Bos taurus* tienen mayor deposición de grasa intramuscular; además de otras variables como la nutrición, el estrés, el tiempo de engorde o la finalización a las que se someten los animales, así como el contenido energético de la dieta (FPTA, 2001).

De acuerdo con Mao et al. (2016), la deposición de la grasa y el desarrollo muscular compiten por el uso de energía, de modo que, al aumentar el depósito muscular, hay una tendencia a reducir la deposición de grasa. Esto concuerda con lo observado en este experimento, ya que, a mayor profundidad muscular, menor el valor de marmoleo.

Finalmente, al tomar en cuenta los factores anteriores y considerando el estrés térmico que sufren los animales en condiciones tropicales, el empleo mayoritario de sistemas a base de forrajes con baja o nula suplementación de productos altamente energéticos y el perfil genético predominante en la zona (razas de origen *Bos indicus*), los resultados de las variables ultrasonográficas evaluadas concuerdan con lo que se ha reportado para animales en estas condiciones productivas.

## CONSIDERACIONES FINALES

La inclusión de DDGS en la suplementación de novillos encastados brahman en pastoreo no tuvo efecto sobre variables productivas ni sobre las mediciones ultrasonográficas de marmoleo, profundidad muscular, espesor de grasa dorsal y grasa de grupa.

Se debe considerar, para futuras investigaciones, la edad inicial de los animales que ingresan al período de engorde, así como el nivel de suplementación utilizado para determinar si este tipo de refuerzo puede impactar directamente las variables productivas y las mediciones ultrasonográficas. Asimismo, se puede incluir el análisis económico de este suplemento como parte de la alimentación en animales de pastoreo, lo cual podría mejorar la toma de decisión del productor que tiene intención de incluirlo en su plan de manejo nutricional.

## AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen al personal de la Finca La Vega, de la Unidad de Ganado de Carne del Programa de Producción Agropecuaria (PPA), de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación. También agradecen al personal de los laboratorios del Centro de Investigación en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica por el apoyo en la realización de los análisis de laboratorio.

## LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1998. Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed, 4th rev. Gaithersburg, MD: AOAC International, USA.
- Arronis, V. 2003. Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: estabulación, semi-estabulación y suplementación estratégica en pastoreo. Boletín Institucional. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Costa Rica (FITTACORI). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Sistema Unificado de Información Institucional (SUNII). 62 pp.
- Arronis, V. y J. Morales. 2021. Engorde de ganado estabulado con dietas de bajo costo, con base en bancos forrajeros. *Alcances Tecnológicos*, 14 (1): 98-113.
- Arthington, J.D. y J. Ranches. 2021. Trace mineral nutrition of grazing beef cattle. *Animals*, 11 (10): 2767. doi: 10.3390/ani11102767.
- Bohnert, D.W., L.A. Stalker, R.R. Mills, A. Nyman, S.J. Falck y R.F. Cooke. 2013. Late gestation supplementation of beef cows differing in body condition score: Effects on cow and calf performance. *Journal of Animal Science*, 91 (11): 5485–5491. doi: 10.2527/jas.2013-6301.
- Boleman, S.J., R.K. Miller, M.J. Buyck, H.R. Cross y J.W. Savell. 1996. Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science*, 74: 2187–2194. doi: 10.2527/1996.7492187x.
- Chin, S., J. Storkson, K. Albright, M. Cook y M. Pariza. 1994. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *The Journal of Nutrition*, 124 (12): 2344-2349. doi: 10.1093/jn/124.12.344.
- CIAB (Cámara de Industriales de Alimentos Balanceados). 2022. Informe Anual Costa Rica. 34 pp.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. Robledo. 2018. InfoStat Versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Erickson, G, T. Klopfenstein, D. Adams y R. Rasby. 2005. Utilization of corn co-products in the beef industry. Nebraska Corn Board, University of Nebraska-Lincoln, Institute of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research Division and Cooperative Extension Division. [www.nebraskacorn.org](http://www.nebraskacorn.org). (Consultado 25 mayo, 2023).
- Eversole, D.E., M.F. Browne, J.B. Hall y R.E. Dietz. 2009. Body condition scoring for beef cows. Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic and State University, Publication 400-791. <http://pubs.ext.vt.edu/400/400-795/400-795.html>. (Consultado 25 mayo, 2023).
- Fabbrizzi, S., F. Maggino, N. Marinelli, C. Menghini, C. Ricci, y S. Sacchelli. 2016. Sustainability and food: A text analysis of the scientific literature. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8: 670-679. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.077.
- FAO (Food & Agriculture Organization). 2016. Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2016. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. (Consultado 25 de mayo, 2023).
- FAO (Food & Agriculture Organization). 2021. Food Outlook. Global Market Analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2021. 37 p. <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/es/c/1412253/>. (Consultado 25 de mayo, 2023).
- FPTA (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria, Uruguay). 2001. Utilización de ultrasonografías para la predicción de la composición y calidad de canal. Programa Nacional de Bovinos para carne. 95 pp. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5703/1/14432230209155402.pdf>. (Consultado 25 de mayo, 2023).
- Guitou, H. 2007. Interpretación y uso correcto de las diferencias esperadas entre progenie (DEP's) como herramienta de selección para la calidad de carne. Segunda parte. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20 (3): 363-376.



- Herrera, A., M. Cerón-Muñoz, O. Vergara y D. Agudelo. 2008. Curvas de crecimiento en bovinos cruzados utilizando el modelo Brody. *Livestock Research for Rural Development*, 20 (9): 1-6.
- Herrera-Muñoz, J.I., E. Solís-Carmona y G. Zúñiga-Arias. 2016. Análisis de factores determinantes del precio en la cadena de valor de la carne bovina en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 10 (2): 1-19. doi: 10.15517/NAT.V10I2.26110.
- Honikel, K.O., P. Roncalés y R. Hamm. 1983. The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscle. *Meat Science*, 8 (3): 221-241. doi: 10.1016/0309-1740(83)90046-3.
- Houghton, P.L. y L.M. Turlington. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *Journal of Animal Science*, 70 (3): 930-941. doi: 10.2527/1992.703930x.
- Houseknecht, K., J. Heuvel, S. Moya-Camarena, P. Carla, C. Portocarrero, L. Peck, K. Nickel, y M. Belury. 1998. Dietary Conjugated Linoleic Acid Normalizes Impaired Glucose Tolerance in the Zucker Diabetic Fatty fa/fa Rat. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 244: 678-682. doi: 10.1006/bbrc.1998.8303.
- Kandeepan, G., A. Anjaneyulu, V. Rao, U. Pal, P. Mondal y C. Das. 2009. Feeding regimens affecting meat quality characteristics. *MESO*, 4 (11): 241-249.
- Lee, K., D. Kritchevsky y M. Pariza, M. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108: 19-25. doi: 10.1016/0021-9150(94)90034-5.
- Mao, Y., D. Hopkins, Y. Zhang, P. Li, L. Zhu, P. Dong y X. Luo. 2016. Beef quality with different intramuscular fat content and proteomic analysis using isobaric tag for relative and absolute quantitation of differentially expressed proteins. *Meat Science*, 118: 96-102. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.028.
- Martin, J.L., A.S. Cupp, R.J. Rasby, Z.C. Hall y R.N. Funston. 2007. Utilization of dried distillers grains for developing beef heifers. *Journal of Animal Science*, 85 (9): 2298-2303. doi: 10.2527/jas.2007-0076.

- Mata, L. 2017. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. Segunda edición. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. 143 pp.
- Miller, C., Y. Park, M. Pariza y M. Cook. 1994. Feeding conjugated linoleic acid to animals partially overcomes catabolic responses due to endotoxin injection. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 198: 1107-1112. doi: 10.1006/bbrc.1994.1157.
- Miller, R.K., H.R. Cross, J.D. Crouse y J.D. Tatum. 1987. The influence of diet and time on feed on carcass traits and quality. *Meat Science*, 19 (4): 303-313. doi: 10.1016/0309-1740(87)90077-5.
- Miranda, J., N. Arias, A. Fernández-Quintela, y M. Portillo. 2014. ¿Son los isómeros del ácido linoleico conjugado una alternativa a isómeros del ácido linoleico conjugado en la prevención de la obesidad?. *Endocrinología y Nutrición*, 61 (4): 209-219.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of dairy cattle*. 7 ed. National Academy Press, Washington DC., USA.
- Pariza, M., Y. Park, y M. Cook. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40: 283-298. doi: 10.1016/s0163-7827(01)00008-x.
- Park, Y., K. Albright, W. Liu, J. Storkson, M. Cook y M. Pariza. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32: 853-858. doi: 10.1007/s11745-997-0109-x.
- Pereira, P.M. y A.F. Vicente. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93 (3): 586-592. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018.
- Quesada, M. 2019. Efecto de la suplementación con semolina de arroz en el desarrollo, composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo en la Vega, San Carlos. Tesis Lic., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 80 p.
- Ramanathan, R., G.G. Mafi, L. Yoder, M. Perry, M. Pfeiffer, D.L. Van Overbeke y N.B. Maheswarappa. 2020. Biochemical changes of postmortem meat during the aging process and strategies to improve the meat quality. En: *Meat Quality Analysis*. Primera Edición. Academic Press. Pp 67-80. doi: 10.1016/B978-0-12-819233-7.00005-7.

- Ramírez, J. 2014. Evaluación de niveles crecientes de energía en la suplementación de novillos de engorde en pastoreo. Tesis Lic., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 84 p.
- Ramírez-Barboza, J., A. Valverde-Abarca y A. Rojas-Bourrillon. 2016. Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 28 (1): 43-57. doi: 10.15517/am.v28i1.21472.
- Rodríguez-González, K., A. Valverde-Abarca, J. Rodríguez-González, O. Murillo-Bravo y M. Camacho-Calvo. 2018. Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos. *Agronomía Mesoamericana*, 29 (1): 105-122. doi: 10.15517/ma.v29i1.28140.
- Rojas-Bourrillon, A., y C. Campos-Granados. 2015. Hacia sistemas más intensivos en la producción de carne bovina: pastoreo con suplementación, semiestabulación y estabulación. *Revista UTN Informa*, 74: 14-24.
- Ruiz, M., R. Posada y M. Mariño. 1967. Curvas de crecimiento del ganado bovino en la sabana de Bogotá y Valle de Tunja. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. *Revista Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 30 (1).
- Sánchez, F. 2016. Crecimiento y desarrollo. Departamento de Producción Animal. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. [http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/crecimiento\\_y\\_desarrollo\\_-\\_zootecnia.pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/crecimiento_y_desarrollo_-_zootecnia.pdf). (Consultado 25 mayo, 2023).
- Sánchez, J. 2000. Nutrición energética del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*, 6 (1): 97-127.
- Sans, P. y P. Combris. 2015. World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961-2011). *Meat Science*, 109: 106-111. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.05.012.
- Schmidhuber, J. y P. Shetty. 2005. The nutrition transition to 2030. Why developing countries are likely to bear the major burden. *Food Economics - Acta Agriculturae Scandinavica*, 2 (3-4): 150-166.

- Stalker, L.A., D.C. Adams y T.J. Klopfenstein. 2009. Influence of Distillers Dried Grain Supplementation Frequency on Forage Digestibility and Growth Performance of Beef Cattle. *The Professional Animal Scientist*, 25 (3): 289-295. doi: 10.15232/S1080-7446(15)30720-8.
- Tjardes, K. y C. Wright. 2002. Feeding Corn Distiller's Co-Products to beef cattle. Extension Extra. College of Agricultural & Biological Sciences. South Dakota State University. 5 pp.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, y B.A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Wilson, T.B., A.R. Schroeder, F.A. Ireland, D.B. Faulkner y D.W. Shike. 2015. Effects of late gestation distillers grains supplementation on fall-calving beef cow performance and steer calf growth and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 93 (10): 4843-4851. doi: 10.2527/jas.2015-9228.