

# Suplementación estratégica con arbustivas forrajeras en terneros BON × Cebú destetados precozmente en Antioquia, Colombia\*

## Strategic supplementation with forage shrubs in early weaning calves BON × Zebu in Antioquia, Colombia

ARGÜELLO-RANGEL, JERALDYN<sup>1</sup>; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA<sup>2</sup>;  
ANGULO-ARIZALA, JOAQUÍN<sup>3</sup>

### Historial del Artículo

Recibido para evaluación: 29 de Julio 2020.

Aprobado para publicación: 28 de Enero 2021.

\* Título del proyecto de origen: "Uso de arbustivas forrajeras en la cría y levante de ganado BON x Cebú en Caucasia, Antioquia".  
Financiación: Departamento de formación académica de Haciendas y a la estrategia sostenibilidad 2018-2019 de la Universidad  
de Antioquia. Finalización: 30 de septiembre de 2019.

1 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). MSc Ciencias  
Animales. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4311-0501>

2 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Dr. Agricultura  
y Medio Ambiente. Medellín, Colombia. <http://orcid.org/0000-0003-3377-8399>

3 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Dr. Ciencias  
Animales. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3352-8795>

Correspondencia: [liliana.mahecha@udea.edu.co](mailto:liliana.mahecha@udea.edu.co)

Cómo citar este artículo: ARGÜELLO-RANGEL, JERALDYN; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUÍN.  
Suplementación estratégica con arbustivas forrajeras en terneros BON × Cebú destetados precozmente en Antioquia, Colombia.  
Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, v. 19, n. 2, 2021, p. 108-118. Doi: <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1603>

## RESUMEN

La crianza, es una etapa en la se requiere una óptima recuperación reproductiva de las vacas, y crecimiento de los terneros. El objetivo del estudio fue evaluar el uso de la suplementación estratégica con ensilaje de arbustivas forrajeras, en el destete precoz de ganado BON × Cebú. Se realizó un ensayo con 14 terneros, de  $5,2 \pm 1,05$  meses de edad y  $127,57 \pm 30,47$  kg de peso, distribuidos aleatoriamente en un tratamiento control (To), en lactancia permanente, y un tratamiento experimental (Tex) en destete precoz. En Tex, los animales fueron asignados a un sistema de pastoreo y suplementación con ensilaje mixto a razón de 655 g/animal/día. El desarrollo corporal y las ganancias de peso en los tratamientos, fueron evaluados durante 90 días. Se realizaron mediciones de consumo, peso de terneros y madres, así como del estado reproductivo de estas. Los datos fueron analizados en el software estadístico R Project. No hubo efecto del tratamiento, ni de la interacción tratamiento × mes en el desarrollo corporal y ganancias de peso de los terneros, mientras que, las madres de Tex presentaron diferencias significativas en el peso y estado reproductivo. Por lo tanto, destetar precozmente favorece la recuperación reproductiva de las vacas.

## ABSTRACT

Calf-raising is a stage in which optimal reproductive recovery of dams is required, and growth of calves. The objective of the study was to evaluate the use of strategic supplementation with silage shrubs, in the early weaning of BON × Zebu cattle. It was developed a research with 14 calves, of 5,2 months±1,05 of age and  $127,57 \pm 30,47$  kg of weight, randomly distributed in a control treatment (To). In To treatment animals were in permanent lactation, and in the experimental treatment (Tex) animals were early weaned. In Tex treatment, the animals were assigned to a grazing system, with a mixed silage supplementation at a rate of 655 g/anyml/day. Body performance and weight gains in treatments were evaluated for 90 days. During this period measurements of consumption and weighing of the calves were made. The reproductive status of the dams was evaluated too. The data were analyzed with the statistical software R Project. There was no effect for the treatment, and for the treatment × month interaction on the body performance and weight gain of the calves, while Tex dams presented significant differences in weight and reproductive status. Therefore, early weaning favors the reproductive recovery of the dams.

## INTRODUCCIÓN

Las ganaderías de trópico bajo, se caracterizan principalmente, por presentar sistemas de pastoreo de tipo extensivo y de baja tecnificación. Suelen presentar elevada edad (9 meses) (Molina et al., 2016) e intervalo entre partos (450 a 480 días) (Vergara et al., 2009) prolongado, y baja ganancia de peso (270 g/animal/día) (Tapasco et al., 2015). En época seca la pluviosidad baja a niveles críticos, disminuyendo drásticamente la producción de biomasa, lo que afecta principalmente a los lotes de cría, por la poca disponibilidad de forrajes y

## PALABRAS CLAVE:

Arbustivas forrajeras; Ciclo estral; *Cratylia argentea*; *Crescentia cujete*; Destete precoz; Ensilaje; Ganancia de peso; *Gliricidia sepium*; Producción bovina; Sostenibilidad; Suplementación estratégica; *Tithonia diversifolia*.

## KEYWORDS:

*Cratylia argentea*; *Crescentia cujete*; Early weaning; Forage shrubs; *Gliricidia sepium*; Oestrous cycle; Silage; Weight gain; Livestock production; Strategic supplementation; Sustainability; *Tithonia diversifolia*.

pobre aporte nutricional, ocasionando retraso en la recuperación reproductiva de las madres y en el desarrollo de los terneros (Calderón *et al.*, 2017).

Existen diversas estrategias de crianza de terneros, cuyo fin es mejorar el desarrollo productivo de estos, y favorecer la recuperación de las madres en aspectos como la condición corporal, el peso y la presentación de celos (Ibarra *et al.*, 2011; Vendramini *et al.*, 2018; Benetton *et al.*, 2019; Lynch *et al.*, 2019). Entre las estrategias de crianza usadas, se halla el creep feeding (CP) (de Almeida *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2019), el destete precoz (DP) (Ibarra *et al.*, 2011; Neave *et al.*, 2019; Wiseman *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2019), y la interrupción temporal del amamantamiento (ITA) (Orihuela and Galina, 2019).

El destete precoz consiste en interrumpir permanentemente el periodo de lactancia a partir de los 60 a 90 días de edad y con un peso mayor a 60 kg, haciendo reemplazo del aporte nutricional de la leche por suplementación con concentrados comerciales, o fuentes alternativas como ensilajes o henos. El destete precoz, busca acelerar el consumo posterior de la ración, para lograr un incremento de peso de los terneros, y que el cese de la lactancia, favorezca el restablecimiento de las funciones reproductivas de las madres (Ibarra *et al.*, 2011; Preedy *et al.*, 2018; Orihuela and Galina, 2019; Wiseman *et al.*, 2019).

Una de las alternativas para implementar un destete precoz, es la suplementación con ensilaje, cuya ventaja estriba en la reducción de costos de cereales y alimentos proteicos, y el aprovechamiento de recursos forrajeros con altos aportes nutricionales como las arbustivas (Argüello-Rangel *et al.*, 2019; Navas, 2019). El objetivo de este estudio, fue evaluar el uso de la suplementación estratégica con ensilaje de arbustivas forrajeras, en el destete precoz de ganado BON × Cebú.

## MÉTODO

Este estudio se realizó en la Hacienda La Candelaria, municipio de Caucaasia-Antioquia, a 08°01'49" N y 75°13'03" W, temperatura promedio de 26 °C, altura sobre el nivel del mar de 50 m.s.n.m., precipitación promedio anual de 2100 mm, 75 % de humedad relativa, y topografía 15 % plana y 85 % ondulada. Este estudio contó con el aval del Comité de ética para la experimentación con animales de la Universidad de Antioquia, como consta en el Acta No. 120 del 09 de octubre de 2018.

Se seleccionaron 14 terneros BON × Cebú, de  $5,2 \pm 1,05$  meses de edad y  $127,57 \pm 30,47$  kg de peso, que fueron distribuidos aleatoriamente en dos tratamientos, un tratamiento control (To) en lactancia permanente, y un tratamiento experimental (Tex) en el que se reemplazó la lactancia materna por la suplementación con un ensilaje proteico a base de arbustivas y pastoreo con *Urochloa brizantha* cv. Toledo y *Urochloa humidicola*.

Los terneros de Tex fueron suplementados durante 90 días con una ración diaria de 655 g/animal de un ensilaje mixto compuesto de botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl A. Gray), matarratón (*Gliricidia sepium* Jacq.), cratylia (*Cratylia argentea* O. Kuntze), y totumo (*Crescentia cujete* L.). Las madres de los terneros de ambos tratamientos eran vacas multíparas con distintos grados de cruzamiento BON × Cebú, en pastoreo con *Urochloa humidicola* y gramas nativas, sin ningún tipo de suplementación.

En el cuadro 1 se describe la composición nutricional de las especies a partir de las cuales se elaboró el ensilaje, y de las pasturas que los animales consumieron en pastoreo. Dichos análisis fueron realizados mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), a través de los servicios del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia.

**Cuadro 1.** Composición nutricional (%) de los forrajes usados en el estudio.

Variable	Pasturas		Especies ensiladas			
	<i>U. brizantha</i>	<i>U. humidicola</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>G. sepium</i>	<i>C. kujete</i>	<i>C. argentea</i>
MS (%)	26,3	20,7	19,0	22,1	33,4	31,0
PC (%)	8,5	7,9	25,2	24,3	15,0	20,8
FDN (%)	68,7	67,6	33,7	38,5	45,7	39,2
FDA (%)	37,3	39,2	14,5	20,3	25,1	37,8
Lignina (%)	3,1	3,6	2,1	3,8	4,9	6,1

%MS= Materia seca; PC= Proteína cruda; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido

En cuanto al ensilaje, se tomaron tres muestras de 500 g, las cuales fueron secadas en horno con ventilación forzada durante 16 h a 70 °C, y posteriormente molidas con un molino tipo ciclón con malla de 1 mm. El Contenido de materia seca (MS) se calculó por diferencia de peso antes y después de la colocación en el horno. La proteína cruda se evaluó mediante el método de Kjeldahl aplicando la metodología AOAC N°2001.11. Las fibras (FDN y FDA) se cuantificaron mediante el método de Van Soest aplicando los métodos AOAC 962.09 y 978.10 y ejecutado en un equipo FiberCap. La energía bruta se obtuvo en un calorímetro automático utilizando el proceso adiabático, y el pH a través de tiras indicadoras MColorpHast™ (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Composición nutricional del ensilaje mixto de botón de oro (*T. diversifolia*), matarratón (*G. sepium*), totumo (*C. kujete*) y cratylia (*C. argentea*).

Variable	Ensilaje
MS (%)	25,1
PC (%)	18,1
FDN (%)	57,8
FDA (%)	39,7
Energía bruta (Kcal/kg)	3692
pH	4,0

%MS= Materia seca; PC= Proteína cruda;  
FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido

La proporción de las especies en el ensilaje fue de un 47,3 % para *T. diversifolia*, 33,9 % para *G. sepium*, 12,5 % *C. kujete* y un 6,5 % de *C. argentea*. Dicha proporción estuvo relacionada con la producción de forraje de cada especie en el banco forrajero de donde se obtuvo el material.

## VARIABLES EVALUADAS

Los datos fueron procesados y analizados con el software estadístico R Project versión 3.6.0. A continuación, se describe la metodología aplicada para cada variable del estudio:

**Consumo del ensilaje (g/animal/día).** Previo al inicio del ensayo de destete precoz (Tex), se realizó un periodo de acostumbramiento de 5 días para los terneros. Posteriormente, se administró una ración de 655 g/animal/día de ensilaje mixto, durante 90 días. Se realizaron 4 evaluaciones del consumo individual, administrando el alimento en comederos separados. El consumo se midió, mediante oferta y rechazo, pesando el alimento ofertado, el excedente del ensilaje para cada animal, y calculando la diferencia entre ambos. Para el análisis de los valores de consumo estimados, se realizó estadística descriptiva, calculando la media del consumo, desviación estándar, el coeficiente de variación, y el porcentaje de alimento consumido y rechazado.

**Evaluación productiva de terneros y madres.** Se utilizó una báscula mecánica para realizar el pesaje (kg) de los animales -terneros y madres-, y se calculó la ganancia de peso (kg/animal/día) en ambos tratamientos, antes de iniciar el ensayo, y una vez al mes (3 mediciones durante el ensayo). En cuanto al desarrollo corporal, se midió

con cinta métrica la altura a la cruz (AC) (cm), el perímetro torácico (PT) (cm) y la longitud corporal (LC) (cm) antes de iniciar el ensayo, y una vez al mes (3 mediciones durante el ensayo).

Se utilizó, un diseño completamente aleatorizado con medidas repetidas en el tiempo, y se analizaron los datos como un modelo lineal mixto, con el paquete nlme del software R Project versión 3.6.0, según el modelo estadístico descrito a continuación (ecuación 1):

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{jk} + \delta_l + e_{ijkl} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde,  $Y_{ijkl}$  = variable de respuesta obtenida de la ecuación;  $\mu$  = Media general;  $\beta_i$  = Efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento (To y Tex);  $\alpha_j$  = Efecto fijo del  $j$ -ésimo mes;  $\gamma_k$  = Efecto aleatorio del  $k$ -ésimo animal;  $\alpha\beta_{ij}$  = Efecto fijo del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo mes;  $\alpha\gamma_{jk}$  = Efecto aleatorio del  $k$ -ésimo animal en el  $j$ -ésimo mes;  $\delta_l$  = co-variable;  $e_{ijkl}$  = error experimental. La co-variable para el peso y la ganancia de peso tanto en los terneros como en las vacas, fue el peso inicial, y para las mediciones bovinométricas, se usó la medición inicial de cada una. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey según el caso.

**Evaluación reproductiva de las madres.** Las vacas fueron evaluadas por palpación, y los hallazgos se corroboraron mediante ultrasonografía (ecógrafo Chison ECO2 Vet 7,5 MHz, sonda lineal) previo al periodo de evaluación, y mensualmente durante el ensayo (3 mediciones). Se evaluó el estado reproductivo, a través de la identificación de estructuras en ovarios, haciendo distinción entre, multifolicular, folículo dominante ( $\geq 10$  mm), cuerpo lúteo, cuerpo hemorrágico, y, por otro lado, detectando gestación. Para el análisis del estado reproductivo, se utilizó un modelo de regresión logístico, categorizando las madres en dos grupos gestantes (1) y vacías (0). El análisis estadístico fue realizado con la función glm del software R Project 3.6.0

## RESULTADOS

### Consumo individual del ensilaje

El porcentaje promedio de consumo estimado a partir de las cuatro evaluaciones realizadas en los animales del tratamiento Tex fue de 82,4 %, frente a un rechazo del 17,6 %, para un consumo de  $539,9 \pm 8,6$  g/animal/día con un coeficiente de variación de 1,6 %, lo que sugeriría la palatabilidad y aceptación de la dieta por parte de los terneros. Cabe resaltar que en este ensayo se usó una suplementación alternativa con relación a las dietas que se implementan de manera convencional en sistemas de manejo de crías con destete precoz. En este estudio, se usó un ensilaje mixto elaborado a partir de arbustivas forrajeras, sin embargo, se usa con frecuencia concentrados comerciales para suplir las demandas nutricionales de los terneros destetados precozmente (Guggeri *et al.*, 2014; Orihuela and Galina, 2019; DeClerck *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2020). Buscar otras alternativas de suplementación, puede reducir los costos de este tipo de prácticas de manejo, y favorecer el aprovechamiento de recursos forrajeros locales con potencial nutricional. Las especies usadas en el ensilaje ofertado (*T. diversifolia*, *G. sepium*, *C. cujete*, y *C. argentea*), no presentaron problemas de palatabilidad y aceptación, siendo una alternativa viable en técnicas de conservación de forrajes, especialmente en ganaderías con baja calidad y producción de forrajes. Estado productivo de los terneros

En el cuadro 3, se muestra el promedio de peso, la ganancia de peso, y el desarrollo corporal (AC, PT y LC) de los terneros evaluados en ambos tratamientos. Estas variables tuvieron un comportamiento similar en ambos tratamientos, es decir, que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre estos.

**Cuadro 3.** Promedio del peso, ganancia de peso, y desarrollo corporal de los terneros.

Variable	To	Tex	Valor p
Peso (kg)	145,8 <sup>a</sup> ± 31,3	152,9 <sup>a</sup> ± 34,6	0,1431
Ganancia de peso (kg/animal/día)	0,45 <sup>a</sup> ± 0,55	0,48 <sup>a</sup> ± 0,65	0,9390
Altura a la cruz (cm)	105,95 <sup>a</sup> ± 5,45	108,66 <sup>a</sup> ± 10,03	0,4909
Perímetro torácico (cm)	130,90 <sup>a</sup> ± 8,25	131,28 <sup>a</sup> ± 7,68	0,0810
Longitud corporal (cm)	108,42 <sup>a</sup> ± 8,35	109,0 <sup>a</sup> ± 7,32	0,3997

To= Tratamiento control; Tex= Tratamiento destete precoz, diferentes letras en la fila, indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

El comportamiento de las variables relacionadas con crecimiento y productividad, puede variar, en función de la raza, la edad del destete precoz, la dieta seleccionada, y hasta las condiciones climáticas de la zona donde se haya hecho el estudio (Ibarra *et al.*, 2011; Tao *et al.*, 2018). Los resultados en torno al destete precoz, han sido diversos, Guggeri *et al.*, (2014) en terneras Hereford de 75 días de edad, suplementadas con un concentrado comercial (26 % PC), compararon tres sistemas de manejo de crías: destete precoz, creep feeding y destete tradicional, hallando mayores ganancias de peso en el manejo tradicional (0,86 kg/animal/día), que en destete precoz (0,75 kg/animal/día), aunque en ambos casos, inferiores con respecto al creep feeding, que tuvo el valor más alto de los tres tratamientos con 1,25 kg/animal/día.

Por su parte, Ibarra *et al.* (Ibarra *et al.*, 2011), evaluaron estos tres sistemas de manejo en crías Charbray a partir de los 90 días de edad, usando como suplementación en el destete precoz y en el creep feeding, un concentrado comercial con un 16 % de proteína, hallando mejor promedio peso (252,6 kg) y ganancia de peso en el destete precoz (1,32 kg/animal/día), que en creep feeding (232,9 kg y 1,13 kg/animal/día), y en el grupo control (179,6 kg y 0,43 kg/animal/día). Las ganancias de peso de los terneros del presente estudio, fueron menores comparadas con lo reportado por Guggeri *et al.*, (2014), no obstante, con relación a los resultados reportados por Ibarra *et al.*, (2011), las ganancias de peso halladas en el presente estudio fueron mayores. Estas diferencias con respecto a otros esto podrían atribuirse al componente racial, al manejo dietario y al contexto geográfico donde se desarrollaron los estudios (Burggraaf *et al.*, 2020).

En cuanto al desarrollo corporal, aunque no hubo diferencias estadísticas para las medidas bovinométricas ni por tratamiento, ni por mes, ni para la interacción entre los factores tratamiento × mes, el perímetro torácico, presentó tendencia estadística, con un mayor valor a favor de Tex (131,3 cm), que es positivo para este estudio, considerando que esta medida, es catalogada como la de mayor relevancia entre las tres variables evaluadas, ya que, permite predecir mejor el peso corporal (Lukuyu *et al.*, 2016). Los resultados indicarían que los terneros del destete precoz, no vieron retrasado su crecimiento con relación a los terneros en lactancia permanente (To). La edad promedio en que se destetaron (5,2 meses), está en el rango habitual de destete precoz usado en bovinos con componente racial cebuino, que es entre los 5,0 y 8,0 meses de edad, momento para el cual los terneros ya están habituados al pastoreo y a una dieta basada forrajes (Orihuela *et al.*, 2020). La inclusión temprana de forraje durante el predestete, estimula el desarrollo de la capacidad y la función ruminal (Orihuela and Galina, 2019), ya que los terneros usados en el tratamiento experimental, desde el nacimiento estuvieron en condiciones de pastoreo, se pudo propiciar el consumo de forraje y en consecuencia dicho desarrollo ruminal. Por otro lado, la suplementación con ensilaje de arbustivas (cuadro 1), pudo contribuir a que los terneros del tratamiento experimental presentaran un desarrollo productivo similar al de los terneros en lactancia. Por lo tanto, el desempeño de los terneros del destete precoz sugiere que la calidad de la dieta ofertada, aunado a la edad del destete, podría haber tenido un efecto favorable sobre la ganancia de peso y las medidas bovinométricas.

## Estado productivo y reproductivo de las madres

Con relación a la recuperación productiva y de las vacas, aunque, no hubo efecto de la interacción tratamiento  $\times$  mes, las madres de los terneros destetados precozmente ( $426,3 \pm 48,8$ ) tuvieron un mejor peso promedio con relación al grupo control ( $368,5 \pm 32,8$ ). Sin embargo, para la ganancia de peso, no se observó efecto en el tratamiento, ni en la interacción entre los factores tratamiento  $\times$  mes (cuadro 4). Aunque el promedio de ganancia de peso, fue mayor para Tex ( $0,2 \pm 0,8$ , comparado con To ( $0,03 \pm 0,8$ ), la desviación estándar es la misma, y corresponde a un valor elevado, comportamiento atribuido a que hubo pérdidas de peso en animales de ambos tratamientos, debido a que el ensayo coincidió con la época seca, la cual es crítica en la zona de estudio, por la baja precipitación, y consecuente disminución en la oferta forrajera a niveles críticos.

Cuadro 4. Comportamiento del peso y la ganancia de peso de las vacas.

Variable	To	Tex	Valor p
Peso (kg)	$368,5^b \pm 32,8$	$426,3^a \pm 48,8$	0,0001
Ganancia de peso (kg/animal/día)	$0,03^a \pm 0,8$	$0,26^a \pm 0,8$	0,1022
Reproducción	2/7 en gestación (28,5 %) <sup>b</sup>	5/7 en gestación (72,42 %) <sup>a</sup>	0,0217

To=Tratamiento control; Tex=Tratamiento destete precoz, diferentes letras en la fila, indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$ .

En el estado reproductivo al final del estudio, se halló que en el tratamiento Tex cinco de las siete vacas evaluadas resultaron gestantes (72,4 %), y a dos se les detectó cuerpo lúteo (28,5 %), mientras que, en To solo dos de siete resultaron gestantes (28,5 %), del restante porcentaje, en dos vacas se identificó cuerpo lúteo, y tres presentaron ovarios multifoliculares. La presencia del cuerpo lúteo en vacas de ambos tratamientos, podría indicar, que había actividad reproductiva, y que las vacas se hallaban en diestro o fase luteal. El hallazgo de vacas multifoliculares en To, podría sugerir que había un mínimo desarrollo folicular, y que la función reproductiva no se había normalizado, por lo que podrían considerarse como vacas en anestro (Robinson and Noakes, 2018).

En cuanto al intervalo entre partos (IEP) y los días abiertos, asumiendo la fecha de culminación del ensayo, como base para proyectar el índice de vaca (peso al destete por día de IEP), en el presente estudio, el promedio de IEP sería de  $509 \pm 48,6$  días en Tex y  $514 \pm 44,4$  días en To, que serían valores elevados de IEP con respecto a los  $469,2 \pm 9$  días (Vergara *et al.*, 2009) y  $447,5 \pm 100,1$  (Ríos *et al.*, 2020) de IEP estimados para distintos cruces *Bos indicus*  $\times$  *Bos taurus*, así como con respecto al IEP ideal que es de 365 días (Vergara *et al.*, 2009).

Para los días abiertos, el estimado para este estudio fue  $219 \pm 48,7$  días para Tex y de  $224 \pm 44,4$  días para To, que son superiores a los 162,1 días reportados por Ríos *et al.* (Ríos *et al.*, 2020) para cruces *Bos taurus*  $\times$  *Bos indicus*, y a los 171 días reportados como promedio por Molina *et al.* (Molina *et al.*, 2016) para la ganadería colombiana. Cabe mencionar, que valores superiores a 240 días abiertos, en una proyección de 10 años, podría conllevar a cuatro años sin producción de crías, lo que haría muy ineficiente el sistema (Ibarra *et al.*, 2011).

Respecto al índice de vaca (IV), fue de  $0,34 \pm 0,08$  kg para Tex y  $0,32 \pm 0,05$  para To, ligeramente inferior comparado con los valores hallados para cruces *Bos taurus*  $\times$  *Bos indicus* ( $0,4 \pm 0,15$  kg) por Mejía *et al.* (Mejía *et al.*, 2010), en razas cebuinas en trópico seco colombiano, y podría catalogarse como un valor bajo de IV, considerando que con base en el IEP ideal (365 días) y el peso promedio al destete (140-150 kg) reportado para los sistemas ganaderos nacionales (Cuartas *et al.*, 2014; Tapasco *et al.*, 2015) el IV podría estar entre 2,4 y 2,6 kg. Esto sugiere, que el IV puede ser afectado de manera directa por el IEP y el peso al destete de las crías. De modo que, a medida que se tenga un IEP menor, y/o mejor peso de las crías, mejor será el índice de vaca. Por el contrario, IEP prolongados, y bajos pesos al destete conllevarían a una menor eficiencia productiva y reproductiva del hato en términos del IV (Mejía *et al.*, 2010).

Los valores de IEP, días abiertos e IV, podrían ser mejores, según se incida sobre factores que generan el retraso en la recuperación reproductiva de las madres. Por lo tanto, la implementación de estrategias que conduzcan a

reducir los días abiertos y el IEP, son relevantes, porque, cuando este tipo de variables reproductivas tiene intervalos de tiempo grandes, se vuelve productivamente ineficiente, y económicamente negativo tener animales improductivos con bajos porcentajes de preñez (Ibarra *et al.*, 2011).

La recuperación reproductiva posparto, está dada por la reactivación ovárica, a su vez, determinada por factores como la involución uterina, raza, número de partos, condiciones ambientales (estrés calórico), amamantamiento, y balance energético (Lynch *et al.*, 2019; Orihuela and Galina, 2019). La prolongada permanencia de los terneros con las madres y el amamantamiento, conllevaría a que se retrase la aparición de la secreción pulsátil de LH (hormona luteinizante), debido a un efecto antigonadotrópico, que inhibe la secreción de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas) y por consiguiente de LH (Xavier *et al.*, 2018; Orihuela and Galina, 2019). Además de esto, el vínculo vaca-ternero, y prácticas como la estimulación táctil, visual y olfativa, también tendrían un efecto inhibitorio sobre los pulsos de LH, debido a la acción de la oxitocina, prolactina, dopamina, esteroides gonadales, vasopresina y opioides endógenos. La oxitocina se asocia con la succión en mamíferos, hallándose que se libera en terneros durante la lactancia. De igual forma, la oxitocina y la prolactina, activan las vías dopaminérgicas y opioides responsables de generar una sensación gratificante producto del contacto entre la vaca y el ternero (Lynch *et al.*, 2019).

Por otro lado, el desbalance energético, por efecto de las condiciones climáticas en época seca, aunado a deficiencias nutricionales por la baja calidad de las pasturas ha sido vinculado con un retardo en la recuperación posparto de las vacas (Xavier *et al.*, 2018; Orihuela and Galina, 2019). La leptina, la grelina y el IGF-I (factor de crecimiento insulinoide tipo I), son considerados los mayores reguladores de la función reproductiva, y han sido relacionados con el estado nutricional de las vacas. En condiciones de carencias nutricionales, el desbalance entre estas, conlleva a la ineficiencia reproductiva (D'Occhio *et al.*, 2019). La leptina, es secretada por el tejido adiposo, de manera que, cuando hay una buena condición corporal, hay mayor liberación, lo cual activa factores anorexígenos como la kisspeptina y la proopiomelanocortina (POMC), que llevan señales al hipotálamo para la liberación de GnRH y la activación de la cascada ovulatoria. Por el contrario, cuando hay bajos niveles de leptina, predomina la concentración de grelina, que tiene un efecto antagónico, ya que activa factores orexígenos como el neuropeptido Y (NPY) y la proteína agouti (AgRP), que inhiben la función del eje hipotálamo-hipófisis, y por consiguiente el ciclo estral. Por su parte, un balance energético negativo, y la consecuente disminución de IGF-I, puede inhibir la formación del folículo dominante (Parkinson, 2018; Robinson and Noakes, 2018).

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio, muestran una respuesta positiva a nivel reproductivo en las madres de los terneros destetados precozmente. La ganancia de peso y el desarrollo de los terneros de dicho tratamiento, tuvo el mismo comportamiento que el grupo control, y, por lo tanto, el destete precoz no tuvo un efecto negativo sobre los mismos, pese al cambio de lactancia materna por suplementación con ensilaje de arbustivas, y al pastoreo en praderas de mediano a bajo valor proteico en época seca. Esto sugeriría que sí podría implementarse el destete precoz a partir de los cinco meses de edad, siempre que haya una adecuada suplementación de los terneros y dependiendo de las condiciones de pastoreo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia, Departamento de Formación Académica de Haciendas, y a la Cooperativa Colanta por el convenio de cooperación, que permitió el otorgamiento de becas a los mejores promedios de posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, y de las cuales resultó acreedor el primer autor.



## REFERENCIAS

- ARGÜELLO-RANGEL, JERALDYN; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUÍN. Fodder shrubs\_ relevance in cattle systems of Colombian low altitude lands. *Agronomía Mesoamericana*, v. 30, n. 3, 2019, p. 899-915.  
<https://doi.org/10.15517/AM.V30I3.35136>
- BENETTON, J.; NEAVE, H.; COSTA, J.; VON KEYSERLINGK, M.; WEARY, D. Automatic weaning based on individual solid feed intake: Effects on behavior and performance of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 6, 2019, p. 5475-5491.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15830>
- BURGGRAAF, VICKI; CRAIGIE, CAMERON; MUIR, PAUL; KHAN, MUHAMMAD; THOMSON, BEVERLY; KNOL, FREDERIK; LOWE, KATHERINE; TAUKIRI, KEVIN; STAINCLIFFE, MARYANN; MCDERMOTT, ALAN; LONGHURST, ROBERT; MCCOARD, SUSAN. Effect of rearing diet and early post-weaning pasture quality on the life-time growth, meat quality, carcass traits and environmental impact of dairy-beef cattle. *Livestock Science*, v. 239, 2020, p. 1-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104031>
- CARVALHO, VICTOR; PAULINO, MARIO; DETMANN, EDENIO; VALADARES-FILHO, SEBASTIÃO; LOPES, SIDNEI; RENNÓ, LUCIANA; SAMPAIO, CLAUDIA; SILVA, ALINE. A meta-analysis of the effects of creep-feeding supplementation on performance and nutritional characteristics by beef calves grazing on tropical pastures. *Livestock Science*, v. 227, 2019, p. 175-182.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.07.009>
- CUARTAS-CARDONA, CÉSAR; NARANJO-RAMÍREZ, JUAN; TARAZONA-MORALES, ARIEL; MURGUEITIO-RESTREPO, ENRIQUE; CHARÁ-OROZCO, JULIAN; KU-VERA, JUAN; SOLORIO-SÁNCHEZ, FRANCISCO; FLORES-ESTRADA, MARTHA; SOLORIO-SÁNCHEZ, BALDOMERO; BARAHONA-ROSALES, ROLANDO. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 27, n. 2, 2014, p. 76-94.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v27n2/v27n2a3.pdf>
- DE ALMEIDA, DANIEL-MAGESTE; MARCONDES, MARCOS-INÁCIO; NAVAJAS-RENNÓ, LUCIANA; SOARES-MARTIN, LEANDRO; CONTRERAS-MARQUEZ, DAVID-ESTEBAN; CASTAÑO-VILLADIEGO, FAIDER; VELEZ-SALDARRIAGA, FELIPE; MAZA-ORTEGA, ROMÁN; SOTELO-MORENO, DEILEN-PAFF; LOPES, SIDNEI-ANTONIO; ACEVEDO-CARDOZO, MANUELA; FONSECA-PAULINO, MARIO. Supplementation strategies for Nellore female calves in creep feeding to improve the performance: nutritional and metabolic responses. *Tropical Animal Health and Production*, v. 50, n. 8, 2018, p. 1779-1785.  
<https://doi.org/10.1007/s11250-018-1619-2>
- D'OCCHIO, MICHAEL; BARUSELLI, PIETRO; CAMPANILE, GIUSEPPE. Theriogenology influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology*, v. 125, 2019, p. 277-284.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
- DECLERCK, JONATHAN; WADE, ZAIN; REEVES, NATHAN; MILLER, MARK; JOHNSON, BRAD; DUCHARME, GARY; RATHMANN, RYAN. Influence of *Megasphaera elsdenii* and feeding strategies on feedlot performance, compositional growth, and carcass parameters of early weaned, beef calves. *Translational Animal Science*, v. 4, n. 2, 2020, p. 1-13.  
<http://dx.doi.org/10.1093/tas/txaa031>
- GUGGERI, D.; MEIKLE, A.; CARRIQUIRY, M.; MONTOSI, F.; DE BARBIERI I.; VIÑOLES, C. Effect of different management systems on growth , endocrine parameters and puberty in Hereford female calves grazing Campos grassland. *Livestock Science*, v. 167, 2014, p. 455-462.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.026>

- IBARRA-FLORES, FERNANDO; MORENO-ÁLVAREZ, CYRENNE; MARTIN-RIVERA, MARTHA; MORENO-MEDINA, SALOMÓN; DENOGEAN-BALLESTEROS, FRANCISCO; BALDENEGRO-CAMPA, ARTURO; LEÓN-MONTIJO, FERNANDA. El destete precoz como una herramienta para incrementar la rentabilidad en los ranchos ganaderos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, v. 28, 2011, p. 531-542.  
<https://www.redalyc.org/pdf/141/14115904008.pdf>
- LUKUYU, M.; GIBSON, J.; SAVAGE, D.; DUNCAN, A.; MUJIBI, F.; OKEYO, A. Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus*, v. 5, 2016, p. 1-14.  
<https://doi.org/10.1186/s40064-016-1698-3>
- LYNCH, EILISH; MCGEE, MARK; EARLEY, BERNADETTE. Weaning management of beef calves with implications for animal health and welfare. *Journal of Applied Animal Research*, v. 47, n. 1, 2019, p. 167-175.  
<https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1594825>
- MEJÍA-BAUTISTA, G.; MAGAÑA, J.G.; SEGURA-CORREA, J.C.; DELGADO, R.; ESTRADA-LEÓN, R.J. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus*, y sus cruces en un sistema de producción vaca: cría en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 12, n. 2, 2010, p. 289-301.  
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93913070010.pdf>
- MOLINA-BENAVIDES, RAÚL-ANDRÉS; SÁNCHEZ-GUERRERO, HUGO; URIBE-CEBALLOS, JOSE-REINEL; ATZORI, ALBERTO-ESTANISLAO. Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, v. 7, n. 2, 2016, p. 107-119.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285728>
- NAVAS-PANADERO, ALEXANDER. Bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en condiciones de bosque húmedo tropical. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 20, n. 2, 2019, p. 207-218.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num2\\_art:1457](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1457)
- NEAVE, HEATHER; COSTA, JOAO; BENETTON, J.B.; WEARY, DANIEL; VON KEYSERLINGK, MARINA. Individual characteristics in early life relate to variability in weaning age, feeding behavior, and weight gain of dairy calves automatically weaned based on solid feed intake. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 11, 2019, p. 10250-10265.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16438>
- OLIVEIRA, R.; MORIEL, P.; VENDRAMINI, J.; SILVA, J.; VEDOVATTO, M.; NEIVA, J.; MIOTTO, M.; MIRANDA, M.; SILVA, D. Supplemental monensin affects growth, physiology, and coccidiosis infestation of early-weaned beef calves consuming warm-season perennial or cool-season annual grasses. *Applied Animal Science*, v. 36, n. 1, 2020, p. 108-117.  
<http://dx.doi.org/10.15232/aas.2019-01930>
- ORIHUELA, AGUSTIN; GALINA, CARLOS. Effects of separation of cows and calves on reproductive performance and animal welfare in tropical beef cattle. *Animals*, v. 9, n. 5, 2019, p. 1-13.  
<https://doi.org/10.3390/ani9050223>
- ORIHUELA, AGUSTÍN; MOTA-ROJAS, DANIEL; NAPOLITANO, FABIO. Weaning strategies to improve productivity and animal welfare in zebu (*Bos indicus*) and water buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 8, n. 4, 2020, p. 257-265.  
<http://dx.doi.org/10.31893/jabb.20036>
- PARKINSON, TIMOTHY. Infertility in the cow due to functional and management deficiencies. En: NOAKES, DAVID; PARKINSON, TIMOTHY. and ENGLAND, GARY. *Veterinary reproduction and obstetrics*. 10 ed. Amsterdam (Netherlands): Saunders Ltd., 2018, p. 361-407.  
<https://doi.org/10.1016/C2014-0-04782-X>
- PERDOMO-CALDERÓN, MIGUEL-FABIÁN; PEÑA-BOSA, LUISA-FERNANDA; CARVAJAL-YASNÓ, JUAN-DIEGO; MURILLO-SALDAÑA, LEIDY-YURANY. Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. *Revista electrónica de Veterinaria*, v. 18, n. 9, 2017, p. 1-19.  
[https://www.redalyc.org/pdf/636/Resumenes/Resumen\\_63653009019\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/636/Resumenes/Resumen_63653009019_1.pdf)

- PREEDY, G.; JAEGER, J.; WAGGONER, J.; OLSON, K.; HARMONEY, K. Effects of early or conventional weaning on beef cow and calf performance in pasture and drylot environments. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, v. 4, n. 2, 2018, p. 1-9.  
<https://doi.org/10.4148/2378-5977.7554>
- RÍOS-UTRERA, ÁNGEL; VILLAGÓMEZ-AMEZCUA, EUGENIO; ZÁRATE-MARTÍNEZ, JUAN-PRISCILIANO; CALDERÓN-ROBLES, RENE-CARLOS; VEGA-MURILLO, VICENTE-ELIEZER. Análisis reproductivo de vacas Suizo Pardo × Cebú y Simmental × Cebú en condiciones tropicales. *Revista MVZ Córdoba*, v. 25, n. 1, 2020, p. 1-8.  
<https://doi.org/10.21897/rmvz.1637>
- ROBINSON, BOB; NOAKES, DAVID. Reproductive physiology of the female. En: NOAKES, DAVID; PARKINSON, TIMOTHY and ENGLAND, GARY. *Veterinary reproduction and obstetrics*. 10 ed. Amsterdam (Netherland): Saunders Ltd., 2018, p. 2-34.  
<https://doi.org/10.1016/C2014-0-04782-X>
- TAO, HUI; GUO, FENG; TU, YAN; SI, BING-WEN; XING, YU-CHUAN; HUANG, DE-JUN; DIAO, QI-YU. Effect of weaning age on growth performance, feed efficiency, nutrient digestibility and blood-biochemical parameters in Droughtmaster crossbred beef calves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 31, n. 6, 2018, p. 864-872.  
<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.17.0539>
- TAPASCO, JEIMAR; MARTÍNEZ, JESUS; CALDERÓN, SILVIA; ROMERO, GERMÁN; ORDÓÑEZ, DANIEL; ÁLVAREZ, ANDRÉS; SÁNCHEZ, LEONARDO y LUDEÑA, CARLOS. Impactos económicos del cambio climático en Colombia: Sector ganadero. 2015. [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7186/Impactos\\_economicos\\_cambio\\_climatico\\_Colombia\\_Sector\\_Ganadero.pdf?sequence=1](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7186/Impactos_economicos_cambio_climatico_Colombia_Sector_Ganadero.pdf?sequence=1) citado 21 de septiembre de 2019 [consultado octubre 11 de 2019].
- VENDRAMINI, J.; MORIEL, P.; COOKE, R.; ARTHINGTON, J.; DA SILVA, M.; PICCOLO, M.; SANCHEZ, J.; GOMES, V.; CAMPOS, P. Effects of monensin inclusion into increasing amount of concentrate on growth and physiological parameters of early-weaned beef calves consuming warm-season grasses. *Journal of Animal Science*, v. 96, n. 12, 2018, p. 5112-5123.  
<https://doi.org/10.1093/jas/sky374>
- VERGARA, OSCAR; BOTERO, LUZ; MARTÍNEZ, CATY. Factores ambientales que afectan la edad al primer parto y primer intervalo de partos en vacas del sistema doble propósito. *Revista MVZ Córdoba*, v. 14, n. 1, 2009, p. 1594-1601.  
<https://doi.org/10.21897/rmvz.368>
- WISEMAN, AKSEL; REDDEN, MILES; MCGEE, ADAM; SPENCER, COURTNEY; REUTER, RYAN; HORN, GERALD; LALMAN, DAVID. Effects of timing of weaning on energy utilization in primiparous beef cows and post-weaning performance of their progeny. *Journal of Animal Science*, v. 97, n. 3, 2019, p. 1198-1211.  
<https://doi.org/10.1093/jas/skz019>
- WU, SHENGRU; CUI, ZHANHONG; CHEN, XIAODONG; WANG, PEIYUE; YAO, JUNHU. Changed caecal microbiota and fermentation contribute to the beneficial effects of early weaning with alfalfa hay, starter feed, and milk replacer on the growth and organ development of yak calves. *Animals*, v. 9, n. 11, 2019, p. 1-10.  
<https://doi.org/10.3390/ani9110921>
- XAVIER, EDUARDO-GULARTE; GALINA CARLOS-SALVADOR; ALVES-PIMENTEL, CLAUDIO; FIALA-RECHSTEINER, SANDRA; MAQUIVAR, MARTIN. Calf presence and estrous response, ovarian follicular activity and the pattern of luteinizing hormone in postpartum *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction*, v. 15, n. 4, 2018, p. 1208-1213. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2017-0049>