



## Estudio técnico-económico de tres alternativas de producción del sistema doble propósito bovino en Meta, Colombia<sup>1</sup>

### Technical-economic study of three productive alternatives of the dual-purpose bovine system in Meta-Colombia

Ciro Ortiz-Valdes<sup>2</sup>, Diana Patricia Barajas-Pardo<sup>3</sup>, José Henry Velásquez-Penagos<sup>2</sup>, Wilson David Rangel-García<sup>2</sup>, Eliana Neira-Rivera<sup>4</sup>, José Guillermo Velásquez-Penagos<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 10 de junio, 2022. Aceptación: 21 de febrero, 2023. Este trabajo se desarrolló en el marco del macroproyecto “Estrategias integrales y participativas de fortalecimiento tecnológico del sistema bovino doble propósito del piedemonte llanero”, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Villavicencio, Colombia.
- <sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Libertad, Villavicencio, Colombia. cortizv@agrosavia.co (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0003-4538-9083>); jvelasquezp@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0001-7617-6588>); wrangel@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-9072-8518>); jvelasquez@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0001-8023-1367>).
- <sup>3</sup> Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Villavicencio, Colombia. dianap.barajas@campusucc.edu.co (<https://orcid.org/0000-0002-7604-4734>).
- <sup>4</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Colombia. eneira@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-8940-5885>).

#### Resumen

**Introducción.** La rentabilidad del sistema de doble propósito (SDP) está afectada por baja eficiencia productiva y altos costos de producción generados en el manejo tradicional. Estudios en función de la reducción de costos e incremento de los ingresos, podría sugerir estrategias para mejorar la eficiencia económica. **Objetivo.** Determinar la eficiencia técnica y rentabilidad de tres alternativas de producción del SDP bovino en Meta, Colombia. **Materiales y métodos.** Fueron seleccionadas 72 vacas *Bos taurus x Bos indicus*, que iniciaban lactancia, alimentadas bajo pastoreo, durante el periodo 2016-2017, en una finca del departamento de Meta, Colombia. Las vacas seleccionadas y sus crías se distribuyeron en tres grupos: alternativa 1 (MA<sub>1</sub>): ordeño dos veces por semana hasta el destete (100 días), alternativa 2 (MA<sub>2</sub>): ordeño dos veces por semana hasta el destete (240 días) y alternativa 3 (MT): ordeño tradicional (diario, hasta el destete [240 días]). En los terneros se midió el peso al nacimiento y a los 252 días de vida (P252), y se estimó la ganancia de peso diaria (GPD). En las vacas se midió la tasa de terneros nacidos por vaca/año (TN) y la leche producida por lactancia (LPL). Para el análisis económico, los resultados en cada tratamiento se proyectaron para un pie de cría de 100 vacas. **Resultados.** El P252 y la GPD de los grupos MA<sub>1</sub> (189,30 kg; 0,64 kg/animal/día) y MA<sub>2</sub> (186,10 kg; 0,63 kg/animal/día) fue similar ( $p>0,05$ ), pero superiores ( $p<0,05$ ) a los del MT (155,10 kg; 0,54 kg/animal/día). La TN fue mayor para MA<sub>1</sub> (0,84 terneros/vaca/año), seguida por la del MA<sub>2</sub> (0,74 terneros/vaca/año) y MT (0,68 terneros/vaca/año). La LPL fue de 1204,36 kg para MT, 303,74 kg para MA<sub>2</sub> y 158,75 kg para MA<sub>1</sub>. La rentabilidad de MA<sub>1</sub> superó en 9,5 y 9,2 % a MA<sub>2</sub> y MT, respectivamente. **Conclusiones.** EL ordeño dos veces por semana hasta el destete (100 días) (MA<sub>1</sub>) reflejó mayor eficiencia económica por efecto del incremento en la tasa de terneros nacidos por vaca/año (TN) y disminución en los costos de producción.

**Palabras clave:** ganancia de peso diaria, desempeño reproductivo, bovinos, rentabilidad.



## Abstract

**Introduction.** The profitability of the dual-purpose system (DPS) is affected by low production efficiency and high production costs generated in traditional management. Studies based on the reduction of expenses and increase of income, could suggest strategies to improve economic efficiency. **Objective.** Determine the technical y profitable efficiency of three production alternatives for bovine DPS in Meta, Colombia. **Materials and methods.** Seventy-two *Bos taurus x Bos indicus* cows were selected, starting lactation, fed under grazing, during the period 2016-2017, in a farm in Meta, Colombia. The cows and their calves were distributed in three groups; alternative 1 (MA<sub>1</sub>): milking 2 times a week until weaning (100 days), alternative 2 (MA<sub>2</sub>): milking 2 times a week until weaning (240 days), and traditional (MT): milking daily until weaning (240 days). In the calves, the weight at birth and at 252 days of age (W252) were measured, and the daily weight gain (DWG) was estimated. In the cows, the birth rate (BR) and the milk produced per lactation (MPL) were measured. The productive response fed the economic analysis projected for a breeding stock of 100 cows. **Results.** The W252 and DWG between MA<sub>1</sub> (189.30 kg; 0.64 kg/animal/day) and MA<sub>2</sub> (186.10 kg; 0.63 kg/animal/day) were similar (P>0.05), but higher (p<0.05) than those of the MT (155.10 kg; 0.54 kg/animal/day). BR presented the highest benefit for MA<sub>1</sub> (0.84 calves/cow/year), followed by MA<sub>2</sub> (0.74 calves/cow/year) and MT (0.68 calves/cow/year). The MPL was 1204.36 kg for MT, 303.74 kg for MA<sub>2</sub> and 158.75 kg for MA<sub>1</sub>. MA<sub>1</sub>'s profitability outperformed MA<sub>2</sub> and MT by 9.5 and 9.2 %, respectively. **Conclusions.** The MA<sub>1</sub> reflected the greater economic efficiency mainly due to the effect of the increase in the BR and the decrease in production costs.

**Keywords:** weight gain, reproductive performance, cattle, profitability.

## Introducción

En Colombia, la ganadería bovina cuenta con un hato bovino de 29,3 millones de animales (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2022), que contribuye en el 1,4 % del PIB nacional (Federación Colombiana de Ganaderos [Fedegan], 2022). Estos aportes económicos nacionales son promovidos por la generación de 888 598 t/año de carne y 7393 millones de L de leche cruda/año, que ubican a Colombia dentro de los seis países de América con mayor producción de carne y leche (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). Esta respuesta técnica económica nacional está influenciada, en gran parte, por la ganadería bovina doble propósito, que representa el 35 % del inventario bovino nacional (Fedegan, 2022).

El sistema de producción doble propósito (SDP) es un modelo que se desarrolla en el trópico bajo para producir carne y leche de forma simultánea (Cuevas-Reyes & Rosales-Nieto, 2018). En Colombia, está conformado por bovinos mestizos (*Bos taurus x Bos indicus*), manejados bajo pastoreo, con uso limitado de las tecnologías de producción animal y reducida disponibilidad de información productiva (Chirinos & Faría-Mármol, 2012; Cortés-Mora et al., 2014). En consecuencia, se obtiene baja producción de leche (<3,8 L/vaca/día) y ganancia de peso diaria (GPD) de los terneros en el periodo predestete (<350 g/día), reducida tasa de natalidad (TN) (0,53 terneros/vaca/año), altos costos de producción por mano de obra requerida para el manejo animal y baja rentabilidad del negocio (14 %) (Cortés-Mora et al., 2014; Unidad de Planificación Rural y Agropecuaria [UPRA], 2020).

La reducida rentabilidad del SDP se atribuye a la baja eficiencia reproductiva (días abiertos prolongados) y altos costos de producción por mano de obra. La baja TN y GPD tiene efecto negativo en los ingresos, puesto que representa menos cantidad de carne y leche producida por vaca/año (Fernandez et al., 2020; Moreno Medina et al., 2018), además del incremento en los costos de producción. La falla en la eficiencia productiva (44,5 kg de carne/vaca/año y 483,3 L de leche/vaca/año) del SDP se debe a ambientes adversos (Álvarez et al., 2021; Cortés-Mora

et al., 2014; UPRA, 2020), manejo inadecuado de la vaca y el ternero (Góngora Orhuela & Hernández Vásquez, 2014; Pérez-Torres et al., 2021), y altos requerimientos nutricionales postparto que no se cubren (Arroyo-Rebollar et al., 2021; Nguyen-Kien et al., 2017).

Debido a la problemática técnica y económica que afronta el SDP, es necesario desarrollar nuevas alternativas de producción y manejo, que integren tecnologías sencillas, asequibles y apropiadas, para fortalecer los indicadores productivos y reproductivos, reducir los costos de producción y mejorar la rentabilidad. El objetivo de este estudio fue determinar la eficiencia técnica-económica de tres alternativas de producción aplicadas al SDP bovino bajo condiciones de manejo en el piedemonte del Meta, Colombia.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El presente trabajo se desarrolló del 2016 al 2017 en una finca del departamento del Meta, Colombia, a 342 m s. n. m., con temperatura ambiente promedio de 26 °C, precipitación media anual de 2950 mm<sup>3</sup> y humedad relativa entre 75 y 78 % (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales cc, 2015).

### Selección y manejo experimental de animales

Se seleccionaron 72 vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* (cebú x holstein x Blanco orejinegro), entre 4 y 6 años de edad, con producción de leche promedio de 4,9±1,1 L/día y condición corporal entre 3,0 y 3,5 (escala de 1 a 5), calificada según la metodología de Mendoza-Carrillo et al. (2015). Las vacas y sus crías fueron distribuidas al azar en tres grupos: manejo alternativo 1 (MA<sub>1</sub>), que consistió en ordeño dos veces por semana hasta el destete y secado realizado a los 100 días; manejo alternativo 2 (MA<sub>2</sub>), que consistió en ordeño dos veces por semana hasta el destete realizado a los 240 días; y manejo tradicional (MT), que consistió en ordeño diario hasta el destete realizado a los 240 días. El ordeño fue manual, entre las 07:30 y 08:30 A.M, con apoyo del ternero. Las crías se alimentaron con leche residual al finalizar el proceso y por diferencia de peso se calculaba la leche residual consumida, que fue integrada a la producción total de la vaca. El día previo al ordeño, fueron separados a las 14:00 h y encerrados en el corral de manejo con disponibilidad de agua a voluntad y sin alimento.

El destete se realizó al colocar a los terneros una tablilla nasal durante once días; luego fueron separados de sus madres y alojados en el corral de manejo durante 24 h; y, se alojaron en praderas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, distantes de sus madres.

Todos los animales se mantuvieron en praderas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk y en potreros diferentes para cada grupo experimental. Las vacas de los grupos MA<sub>1</sub>, MA<sub>2</sub> y MT, y los terneros de MA<sub>2</sub> y MT se manejaron con capacidad de carga de 2 UGG/ha (UGG=450 kg de peso vivo) durante todo el período experimental, mientras que las crías del MA<sub>1</sub> recibieron el mismo manejo solo durante el tiempo que permanecieron con sus madres (100 días de vida), y luego se mantuvieron con una carga animal de 3 UGG/ha. Todos los bovinos contaron con disponibilidad de agua a voluntad y suplementación con sal mineralizada al 8 %, en potrero. El manejo reproductivo se desarrolló por monta natural con un macho de la raza cebú por cada grupo.

### VARIABLES PRODUCTIVAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En los terneros se registró el peso inicial o al nacimiento (PN), el peso final a los 252 días de vida final (P252) y se calculó la ganancia de peso diaria (ecuación 1).

$$\text{GPD} = (\text{PN}-\text{P252}) / 252 \text{ días} \quad (1)$$

Para cada vaca se calculó la producción de leche por lactancia (LPL) y el intervalo entre partos (IEP), para lo cual se utilizaron datos tomados de los registros de campo. La TN se estimó con la ecuación 2.

$$\text{TN} = (1/\text{IEP}) * 365 \text{ días} \quad (2)$$

### Análisis estadístico

Las variables productivas (P252, GDP, LPL) fueron analizadas con el procedimiento modelos lineales generalizados (PROC GLM) del programa SAS Versión 9.1 (SAS Institute, 2004), con base en el análisis de varianza y la prueba de Tukey para la comparación múltiple de medias, con un nivel de significancia del 5 %. Los valores de los indicadores económicos se presentan en estadística descriptiva (promedio y error estándar). El modelo estadístico utilizado fue el de la ecuación 3.

$$Y_{ijm} = \mu + \text{Dei} + \text{Sei} + \text{DeSeii} + e_{ijm} \quad (3)$$

Donde  $Y_{ijm}$  = variable respuesta asociada al  $m$ -ésimo animal;  $\mu$  = media general;  $\text{Dei}$  = efecto fijo del  $i$ -ésimo tipo de destete;  $\text{Sei}$  = efecto fijo del  $j$ -ésimo sexo de los terneros;  $\text{DeSeii}$  = efecto fijo de la interacción entre  $i$ -ésimo tipo de destete y  $j$ -ésimo sexo de los terneros;  $e_{ijm}$  = efecto residual aleatorio.

### Evaluación económica del tipo de manejo

Se efectuó un análisis económico de tipo estático calculado para un período de un año, que incluyó costos de producción, ingresos bruto y neto, y rentabilidad de los tres tipos de manejo, con una proyección para un pie de cría de 100 vientres. El ingreso bruto fue generado por la venta de leche y terneros. La cantidad de cada producto fue calculada con base en la producción efectiva (carne y leche) por vaca/año (Teyer-Bobadilla et al., 2002); indicador que integró los valores promedio de P252 y LPL con el IEP). Además, se incluyó un 4 % de mortalidad en terneros (Parra Arango, 2004).

En las erogaciones totales por concepto de bienes o servicios necesarios para el manejo animal, estos valores fueron cuantificados o asignados con el apoyo de los registros financieros del predio experimental. Los egresos relacionados con mano de obra se asignaron con base al tiempo requerido para el desarrollo de las actividades operativas (manejo animal, ordeño, mantenimiento de cercas y praderas). El costo de oportunidad del arriendo se estimó con base en el ingreso que se podría obtener si el terreno se rentara a un costo de \$ 54.85 ha/año (UPRA, 2020) y el área requerida para el manejo de cada grupo [un dólar estadounidense (USD) equivale a \$3646 COP (tasa de cambio a la fecha 13 de noviembre del 2020)].

El ingreso neto (IN) o utilidad representó la diferencia monetaria entre ingreso bruto y costo total. Además, se calculó la rentabilidad o rendimiento de la inversión (ecuación 4).

$$\text{Rentabilidad} = (\text{IN}/\text{costo total}) * 100 \quad (4)$$

## Resultados

Los terneros del manejo tradicional (MT) presentaron un peso final promedio inferior ( $p < 0,05$ ) en 34,4 y 31 kg comparado con el de los terneros del ordeño dos veces por semana hasta el destete (100 días) ( $MA_1$ ) y el ordeño dos veces por semana hasta el destete (240 días) ( $MA_2$ ), respectivamente. Por el contrario, el peso final a los 252 días de vida final (P252), en los terneros de los grupos  $MA_1$  y  $MA_2$  fue similar ( $p > 0,05$ ). La ganancia de peso diaria (GPD), mostró un comportamiento similar al del peso final; la GDP de los terneros del grupo  $MA_1$  y los del  $MA_2$  no mostraron

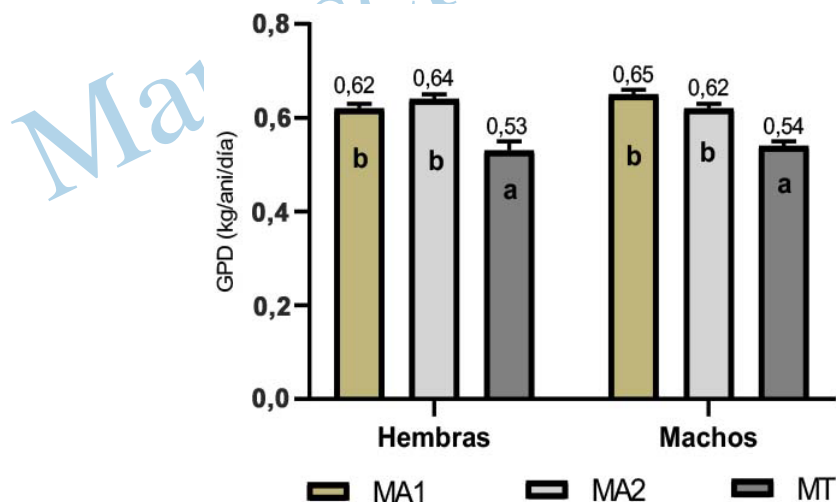
**Cuadro 1.** Indicadores productivos de crías de vacas *Bos taurus x Bos indicus*, manejadas bajo tres alternativas de producción del sistema doble propósito. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017.

**Table 1.** Productive indicators of calves of *Bos taurus x Bos indicus* cows managed under three production alternatives of the dual-purpose system. Piedemonte of Meta, Colombia. 2016-2017.

| Tipo de manejo | N  | P252 (kg)                | GPD (kg/animal/día)      |
|----------------|----|--------------------------|--------------------------|
| $MA_1$         | 31 | 189,30±1,77 <sup>b</sup> | 0,64 ± 0,01 <sup>b</sup> |
| $MA_2$         | 27 | 186,10±1,90 <sup>b</sup> | 0,63 ± 0,01 <sup>b</sup> |
| MT             | 14 | 155,10±2,67 <sup>a</sup> | 0,54 ± 0,01 <sup>a</sup> |

MA1: manejo alternativo 1; MA2: manejo alternativo 2; MT: manejo tradicional. Letras diferentes dentro de columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), según la prueba Tukey. / MA1: management alternative 1; MA2: management alternative 2; MT: management traditional. Different letters indicate significant differences ( $p < 0,05$ ), according to the Tukey test.

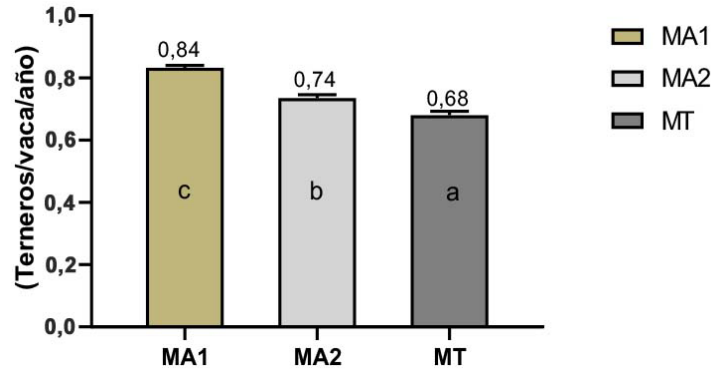
diferencia significativa ( $p > 0,05$ ). No obstante, la GDP de los terneros del grupo MT estuvo por debajo en 0,1 y 0,09 kg comparado con  $MA_1$  y  $MA_2$ , respectivamente ( $p < 0,5$ ) (Cuadro 1).



**Figura 1.** Ganancia de peso diaria (GPD) de terneros de vacas *Bos taurus x Bos indicus* bajo tres alternativas de manejo. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017. MA1: manejo alternativo 1; MA2: manejo alternativo 2; MT: manejo tradicional. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), según la prueba Tukey.

**Figure 1.** Daily weight gain (GPD) of calves of *Bos taurus x Bos indicus* cows under three management alternatives. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017. MA1: management alternative 1; MA2: management alternative 2; MT: management traditional. Different letters indicate significant differences ( $p < 0,05$ ), according to the Tukey test.

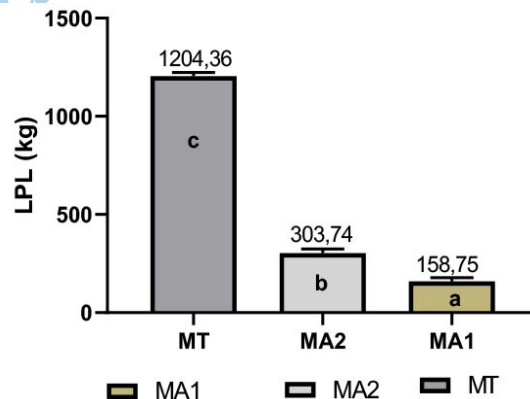
El sexo (machos y hembras) como fuente de variación individual no ejerció un efecto significativo ( $p>0,05$ ) sobre los indicadores peso final y GPD (Figura 1). Sin embargo, para estas mismas variables la interacción del sexo y tipo de manejo presentó un efecto significativo ( $p<0,05$ ); se encontró que GPD de terneros del mismo sexo varió significativamente entre MA<sub>1</sub>, MA<sub>2</sub> y MT.



**Figura 2.** Tasa de natalidad de vacas *Bos taurus x Bos indicus* bajo tres alternativas de manejo. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017. MA1: manejo alternativo 1; MA2: manejo alternativo 2; MT: manejo tradicional. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ), según la prueba Tukey.

**Figure 2.** Birth rate of *Bos taurus x Bos indicus* cows under three management alternatives. Piedemonte del Meta-Colombia. 2016-2017. MA1: management alternative 1; MA2: management alternative 2; MT: management traditional. Different letters indicate significant differences ( $p<0.05$ ), according to the Tukey test.

En las vacas la TN mostró diferencias significativas ( $p<0,001$ ) entre tipos de manejo, con mayor beneficio para MA<sub>1</sub>, seguido por MA<sub>2</sub> y MT (Figura 2).



**Figura 3.** Producción de leche por lactancia (LPL) de vacas *Bos taurus x Bos indicus* bajo tres alternativas de manejo. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017.

MA1: manejo alternativo 1; MA2: manejo alternativo 2; MT: manejo tradicional. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ), según la prueba Tukey.

**Figure 3.** Milk production per lactation (LPL) of *Bos taurus x Bos indicus* cows under three management alternatives. Piedmont in Meta, Colombia. 2016-2017.

MA1: management alternative 1; MA2: management alternative 2; MT: management traditional. Different letters indicate significant differences ( $p<0,05$ ), according to the Tukey test.

El tipo de manejo presentó un efecto sobre el volumen de la LPL ( $p < 0,05$ ). El MA<sub>1</sub> generó una reducción de 1045,61 kg/vaca y 145,19 kg/vaca de la LPL comparado con MT y MA<sub>2</sub>, respectivamente (Figura 3).

El análisis económico basado en las tres alternativas de producción, proyectado para un pie de cría de 100 vacas, muestra que el ingreso bruto obtenido por venta de leche y terneros para MT fue superior en un 37,73 y 41,67 % comparado con MA<sub>1</sub> y MA<sub>2</sub>, respectivamente. Además, el costo total/año fue inferior en \$ 809,48 comparado con MA<sub>2</sub> y en \$ 8938,88 con el grupo MT, respuesta influenciada en su mayor parte por los egresos que genera la mano de obra requerida en cada tipo de manejo (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Indicadores de viabilidad técnica-económica de un pie de cría de 100 vacas *Bos taurus x Bos indicus*, manejados bajo tres alternativas de producción del sistema doble propósito. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017.

**Table 2.** Indicators of economic and technical viability of a breeding stock of 100 *Bos taurus x Bos indicus* cows managed under three production alternatives of the dual-purpose system. Piedemonte del Meta, Colombia. 2016-2017.

| Indicador  | MA <sub>1</sub>        | MA <sub>2</sub>        | MT                     |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| Leche/año (kg)                                       | 12 797,57              | 21 574,81              | 78 616,70              |
| Carne/año (kg)                                       | 15 281,20              | 13 220,53              | 10 124,90              |
| <b>Dólares estadounidenses</b>                       |                        |                        |                        |
| Ingreso bruto por venta de leche/año <sup>1</sup>    | 3457,37<br>(13,04 %)   | 5828,63<br>(22,62 %)   | 21 239,02<br>(58,17 %) |
| Ingreso bruto por venta de terneros/año <sup>2</sup> | 23 051,72<br>(86,96 %) | 19 943,20<br>(77,38 %) | 15 273,43<br>(41,83 %) |
| <b>Ingreso bruto/año</b>                             | <b>26 509,10</b>       | <b>25 771,83</b>       | <b>36 512,45</b>       |
| <b>Costo de producción<sup>3</sup></b>               |                        |                        |                        |
| Mano de obra <sup>4</sup>                            | 6039,12                | 6840,36                | 15 045,54              |
| Costo oportunidad arriendo terreno                   | 3553,84                | 3738,61                | 3550,61                |
| Impuestos, servicios, asistencia técnica             | 916,23                 | 926,75                 | 1080,62                |
| Depreciación infraestructura, equipos y animales     | 1970,22                | 1656,64                | 1634,51                |
| Insumos (sal mineralizada y medicamentos)            | 5372,40                | 5457,31                | 5381,32                |
| Transportes, fletes y financieros                    | 1011,81                | 1053,63                | 1110,10                |
| <b>Costo total/año</b>                               | <b>18 863,82</b>       | <b>19 673,30</b>       | <b>27 802,70</b>       |
| Costo/Litro de leche <sup>5</sup>                    | 0,192                  | 0,206                  | 0,206                  |
| Costo/Kg de carne <sup>5</sup>                       | 1,07                   | 1,15                   | 1,15                   |
| <b>Ingreso neto o utilidad</b>                       | <b>7645,49</b>         | <b>6098,53</b>         | <b>8709,75</b>         |
| <b>Rentabilidad (%)</b>                              | <b>40,53</b>           | <b>31,00</b>           | <b>31,33</b>           |

MA1: manejo alternativo 1; MA2: manejo alternativo 2; MT: manejo tradicional. \*Un dólar estadounidense (USD) equivale a \$3.646 COP (tasa de cambio a la fecha 13 de noviembre del 2020); <sup>1</sup>Precio de venta 0,27 USD; <sup>2</sup>precio de venta 1,50 USD; <sup>3</sup>calculado según los egresos generados por los factores de producción requeridos en cada tipo de manejo. <sup>4</sup> Este valor del jornal (8 h laborales) fue de 12,34 USD, tomado del valor promedio pagado en 10 fincas de la zona. <sup>5</sup>Para el cálculo se utilizó la metodología de prorrateo (Espinosa et al., 2018) / MA1: management alternative 1; MA2: management alternative 2; MT: management traditional. \* \$ 1 USD equals to \$3.646 COP (Official Exchange rate: November 13, 2020); <sup>1</sup>Selling price \$ 0,27 USD; <sup>2</sup> Selling Price \$ 1,50 USD; <sup>3</sup> Calculated according the expenses generated by the production factors required in each type of management. <sup>4</sup>This value of the wage (8 working hours) was USD 12.34, taken from the average value paid in 10 farms in the area. <sup>5</sup>For the calculation, the apportionment methodology was used (Espinosa et al., 2018).

El ingreso neto/año para los tres tipos de manejo presentó una variación entre el 31,00 % y 40,53 % del costo total/año. El tipo de manejo que reflejó mejor eficiencia económica fue MA<sub>1</sub> (40,53 %), superó la rentabilidad de MA<sub>2</sub> y MT en un 9,53 y 9,20%, respectivamente. En contraste, la rentabilidad del MA<sub>2</sub> fue inferior en 0,33 % comparada con la del MT.

## Discusión

El peso final y GPD ideal en terneros se alcanza con un suministro de alimento que supla los requerimientos de proteínas, energía, minerales y vitaminas (Kertz et al., 2017; Ybalmea, 2015). El bajo peso final y la ganancia de peso diaria (GPD) encontrados en los terneros del MT comparado con los encontrados en terneros del MA<sub>1</sub> y MA<sub>2</sub>, se puede atribuir a la restricción de alimento durante el encierro de los terneros desde el día previo al ordeño (2:00 h) hasta el momento de la extracción de la leche (entre 7:30 y 8:30 h).

Existen evidencias que el incremento de la nutrición láctea mejora los nutrientes disponibles y el desarrollo en los terneros (Fischer et al., 2019; Shiasi Sardoabi et al., 2021), condición que se refleja en la superioridad productiva de los terneros del grupo MA<sub>2</sub> comparado con los del grupo MT. En contraste, con el MA<sub>1</sub> se logró una productividad similar a la encontrada con el MA<sub>2</sub>, respuesta que se asocia con el efecto positivo de la leche amamantada en los tres primeros meses de vida, etapa de mayor conversión alimenticia (Mummed, 2013) y la disponibilidad de forraje permanente a partir de los 100 días de vida.

El peso final y la GPD de los terneros del MT estuvieron dentro del valor medio nacional (154,6 kg y 0,48 kg/día) para hatos con nivel de producción medio, reportado por González-Quintero et al. (2020). Sin embargo, la GPD encontrada en los grupos MA<sub>1</sub> y MA<sub>2</sub> fue superior a la encontrada en los terneros del MT, pero similar a 0,66 kg/día encontrado en terneros del sistema doble propósito, con tecnificación media, evaluados en el trópico mexicano (Espinosa García et al., 2018).

El anestro postparto en las vacas se prolonga en gran parte por el gasto energético asociado a la producción de leche, succión del ternero y la interacción vaca-ternero (Orihuela & Galina, 2019; Vargas Ángel & Jaramillo Hernández, 2013). En respuesta a lo anterior, se ha planteado el destete temprano como una práctica para reducir el anestro postparto, puesto que mejora, el balance energético, reduce las exigencias nutricionales para la producción de leche, y mejora la disponibilidad energética para la reactivación ovárica postparto, que dio como resultado un incremento en la tasa de preñez (Liu et al., 2018).

La tasa de terneros nacidos por vaca/año (TN) de las vacas del MA<sub>1</sub> estuvo beneficiada por el destete temprano (100 días), que dio como resultado una diferencia superior de 0,10 y 0,16 terneros/vaca/año con respecto a MA<sub>2</sub> y MT, respuesta que, además, coincidió con lo encontrado por Moreno Medina et al. (2018), quienes reportaron un incremento en la TN influenciada por el destete y secado de la vaca a los 90 días postparto. Además, el estudio realizado por Mendes Paizano Alforma et al. (2022) tuvo un incremento del 21 % en la tasa de preñez como efecto del destete a los 30 días postparto.

La LPL del MT (1204,3 L) mostró valores similares a lo encontrado por Arce Recinos et al. (2017), quienes reportaron que vacas Holstein x Cebú produjeron 1148,1 L de leche durante un período de 240 días. Estos valores están por encima de los 1056 L de leche que alcanzaron las vacas doble propósito estudiadas por Álvarez et al. (2021), según una lactancia de 240 días. La LPL con el MA<sub>1</sub> (158,7 L) y el MA<sub>2</sub> (303,7 L), por efecto de la metodología del ordeño, fueron menores que las citadas previamente.

Los ingresos económicos de la ganadería doble propósito están dados por la venta de leche y terneros en pie (carne), con un flujo de caja permanente (Nájera-Garduño et al., 2016), condiciones que se mantienen en los grupos estudiados. No obstante, se evidenció una variación del aporte de la venta de leche y carne a los ingresos entre las alternativas de manejo. El MT mostró mayor inclinación hacia la producción de leche, con un aporte del 57 % a



los ingresos brutos, mientras que el MA<sub>1</sub> y el MA<sub>2</sub> estuvieron más alineados a la producción de carne, la venta de terneros fue el mayor aporte, con el 87 y 78 % de los ingresos brutos, respectivamente. Aunque, en los hallazgos anteriores se evidenció una particularidad en el aporte que hace la carne y leche a los ingresos con respecto al sistema de producción bovino de doble propósito tradicional, el MA<sub>1</sub> y MA<sub>2</sub> continuaron estando dentro de la clasificación del sistema (Albarrán-Portillo et al., 2019).

La rentabilidad obtenida con los tres tipos de manejo reflejó una inversión viable a nivel económico, pero la utilidad del MA<sub>2</sub> (31,00 %) y MT (31,33 %) fue mayor que el 25% de rentabilidad obtenido en sistemas doble propósito, con nivel de tecnificación media, en el trópico mexicano (Espinosa García et al., 2018), similar al 20 % de margen de ganancia encontrado en hatos criollos doble propósito, de Colombia, evaluados por Parra-Cortés y Magaña-Magaña (2021). En contraste, la rentabilidad del MA<sub>1</sub> (40,5 %) fue superior a todos los hallazgos antes mencionados, como resultado de la reducción en los costos de producción, influenciado en gran parte por menor requerimiento de mano de obra.

Los resultados obtenidos en la presente investigación confirman lo reportado por Albarrán-Portillo et al. (2019), quienes demostraron un efecto positivo de la reducción en los costos de mano de obra sobre la eficiencia económica de los hatos doble propósito; también reafirmaron lo encontrado por Cacep Celorio et al. (2021), quienes informaron que la mano de obra representó el egreso más influyente en los costos de producción del SDP. Además, se relaciona con lo expuesto por Fenández et al. (2020), quienes identificaron el IEP como la variable con mayor impacto en la rentabilidad del negocio, ya que por cada treinta días abiertos se disminuye en un 8 % los ingresos, por reducción en el número de terneros nacidos.

## Conclusiones

La metodología de ordeño dos veces por semana hasta el destete (100 días) (MA<sub>1</sub>) y ordeño dos veces por semana hasta el destete (240 días) (MA<sub>2</sub>), mejoró la disponibilidad de leche en los terneros con una mejora en la eficiencia productiva de las crías, con respecto a la del MT. No obstante, impactó de forma negativa en la producción de leche para la venta y la respuesta fue inferior a lo encontrado en el manejo tradicional.

El secado de la vaca o final de la lactación en el MA<sub>1</sub> redujo los requerimientos nutricionales de las vacas para la producción de leche y la relación vaca-ternero, y favoreció la reactivación ovárica postparto reflejada en la reducción del IEP frente al MA<sub>2</sub> y MT.

El (MA<sub>1</sub>) mostró superioridad en la rentabilidad frente a los otros grupos, como resultado de la ventaja en los ingresos por venta de terneros y reducción en los costos de producción, y por la mano de obra requerida para el ordeño manual.

El MA<sub>1</sub> fue una alternativa de producción viable a nivel económico bajo las condiciones del estudio, que mejoró la eficiencia técnica del sistema, mantuvo un flujo de caja permante, redujo los costos de producción y mejoró las utilidades del negocio.

## Referencias

- Albarrán-Portillo, B., García-Martínez, A., Ortiz-Rodea, A., Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J. F., & Arriaga-Jordán, C. M. (2019). Socioeconomic and productive characteristics of dual purpose farms based on agrosilvopastoral systems in subtropical highlands of central Mexico. *Agroforestry Systems*, 93(5), 1939–1947. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0299-2>

- Álvarez, F., Casanoves, F., Suárez, J. C., & Pezo, D. (2021). The effect of different levels of tree cover on milk production in dual-purpose livestock systems in the humid tropics of the Colombian Amazon region. *Agroforestry Systems*, 95(1), 93–102. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00566-7>
- Arce Recinos, C., Aranda Ibáñez, E. M., Osorio Arce, M. M., González Garduño, R., Díaz Rivera, P., & Hinojosa Cuellar, J. A. (2017). Productive and reproductive parameters in dual-purpose Zebu x Holstein cattle in Tabasco, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 83–91. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Arroyo-Rebollar, R., López-Villalobos, N., García-Martínez, A., Arriaga-Jordán, C. M., & Albarrán-Portillo, B. (2021). Relationship between calving interval and profitability of Brown Swiss cows in a subtropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 53, Article 373. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02813-0>
- Cacep Celorio, J. C., Berúmen Alatorre, A. C., & Vera Ramírez, S. (2021). Evaluación económica de una unidad bovina doble propósito en el trópico húmedo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 49, 1–9.
- Chirinos, Z., & Faría-Mármol, J. (2012). Efecto de la estrategia de cría sobre el peso al destete de los becerros y la productividad de vacas doble propósito. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2, 343–346.
- Cortés-Mora, J. A., Cotes-Torres, A., & Cotes-Torres, J. M. (2014). Avances en clasificación de sistemas de producción con bovinos doble propósito en Colombia. *Archivos de Zootecnia*, 63(243), 559–562. <https://doi.org/10.21071/az.v63i243.537>
- Cuevas-Reyes, V., & Rosales-Nieto, C. (2018). Caracterización del sistema bovino doble propósito en el noroeste de México: productores, recursos y problemática. *Revista MVZ Córdoba*, 23(1), 6448–6460. <https://doi.org/10.21897/RMVZ.1240>
- Espinosa García, J. A., Vélez Izquierdo, A., Góngora González, S. F., Cuevas Reyes, V., Vázquez Gómez, R., & Rivera Maldonado, J. A. (2018). Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 261–272.
- Federación Colombia de Ganaderos. (2022). *Cifras de referencia del sector ganadero colombiano*. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>
- Fernandez, R., Biga, P., Di Masso, R. J., & Marini, P. (2020). Economic evaluation of productive and reproductive indicators in dairy cows with different ages at first calving, in grazing systems. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4), 493–501.
- Fischer, A. J., Villot, C., van Niekerk, J. K., Yohe, T. T., Renaud, D. L., & Steele, M. A. (2019). Invited review: Nutritional regulation of gut function in dairy calves: From colostrum to weaning. *Applied Animal Science*, 35(5), 498–510. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01887>
- Góngora Orhuela, A., & Hernández Vásquez, A. (2014). *Aspectos básicos de la reproducción en la vaca*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34478>
- González-Quintero, R., Barahona-Rosales, R., Bolívar-Vergara, D. M., Chirinda, N., Arango, J., Pantévez, H. A., Correa-Londoño, G., & Sánchez-Pinzón, M. S. (2020). Technical and environmental characterization of dual-purpose cattle farms and ways of improving production: A case study in Colombia. *Pastoralism*, 10, Article 19. <https://doi.org/10.1186/s13570-020-00170-5>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2022). *Censo pecuario*. <https://bit.ly/3aZgGG1>

- Kertz, A. F., Hill, T. M., Quigley, J. D., Heinrichs, A. J., Linn, J. G., & Drackley, J. K. (2017). A 100-Year Review: Calf nutrition and management. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10151–10172. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13062>
- Liu, P., Dong, Q., Liu, S., Degen, A., Zhang, J., Qiu, Q., Jing, X., Shang, Z., Zheng, W., & Ding, L. (2018). Postpartum oestrous cycling resumption of yak cows following different calf weaning strategies under range conditions. *Animal Science Journal*, *89*(10), 1492–1503. <https://doi.org/10.1111/asj.13097>
- Mendes Paizano Alforma, A., Ribas Pereira, G., Kuczynski da Rocha, M., de Souza Teixeira, O., Muniz de Oliveira, M. C., Abdud Lima, J., Cumbe, T. A., & Jardim Barcellos, J. O. (2022). Influence of weaning management at 30, 75 and 180 days of age on non-esterified fatty acids and reproductive performance in beef cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. <https://doi.org/10.1111/jpn.13736>
- Mendoza-Carrillo, J., Martínez Yáñez, R., Díaz-Plascencia, D., & Ávila-Ramos, F. (2015). Efecto de la condición corporal de vacas Holstein sobre la capacidad para retener agua, colágeno insoluble y esfuerzo de corte en *Longissimus dorsi*. *Abanico Veterinario*, *5*(2), 19–27.
- Moreno Medina, S., Ibarra Flores, F. A., Martín Rivera, M. H., Retes López, R., Hernández Hernández, J. E., & Rodríguez Castillo, J. C. (2018). Importancia económica de la eficiencia de producción de becerros utilizando diversas alternativas de producción en Centro de Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *43*, 107–116.
- Mummed, Y. Y. (2013). Correlation between milk suckled and growth of calves of ogaden cattle at one, three and six months of age, east Ethiopia. *SpringerPlus*, *2*, Article 302. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-302>
- Nájera-Garduño, A., Piedra-Matias, R., Albarrán-Portillo, B., & García-Martínez, A. (2016). Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del Estado de México. *Agrociencia*, *50*(6), 701–710.
- Nguyen-Kien, C., Van Khanh, N., & Hanzen, C. (2017). Study on reproductive performance of Holstein x Lai Sind crossbred dairy heifers and cows at smallholdings in Ho Chi Minh. *Tropic Animal Health Production*, *49*, 483–489. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1217-0>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *FOSTAT producción pecuaria para America*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>
- Orihuela, A., & Galina, C. S. (2019). Effects of separation of cows and calves on reproductive performance and animal welfare in tropical beef cattle. *Animals*, *9*(5), Article 223. <https://doi.org/10.3390/ani9050223>
- Parra Arango, J. L. (2004). *Características tecnológicas, productivas y aspectos de salud del ternero en el sistema bovino doble propósito.: Piedemonte llanero* (Boletín de investigación N°5). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17194>
- Parra-Cortés, R., & Magaña-Magaña, M. (2021). Características técnico-económicas de sistemas de producción bovina de las razas criollas colombianas Romosinuano y Hartón del Valle. *Revista MVZ Córdoba*, *26*(2), Article e2079. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2079>
- Pérez-Torres, L., Ortiz, P., Martínez, J. F., Orihuela, A., Rubio, I., Corro, M., Galina, C. S., & Ungerfeld, R. (2021). Short- and long-term effects of temporary early cow-calf separation or restricted suckling on well-being and performance in zebu cattle. *Animal*, *15*(2), Article 100132. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2020.100132>
- SAS Institute.(2004). SAS/STAT 9.1 user's guide. SAS Institute.

- Shiasi Sardoabi, R., Alikhani, M., Hashemzadeh, F., Khorvash, M., Mirzaei, M., & Drackley, J. K. (2021). Effects of different planes of milk feeding and milk total solids concentration on growth, ruminal fermentation, health, and behavior of late weaned dairy calves during summer. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, Article 96. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00615-w>
- Teyer-Bobadilla, R., Magaña, J. G., Santos, J., & Aguilar, C. (2002). Comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holstein manejadas en un sistema de lechería especializada y otra de doble propósito en el sureste de México. *Livestock Research for Rural Development*, 14, Artículo 31. <http://www.lrrd.org/lrrd14/4/teye144.htm>
- Unidad de Planificación Rural y Agropecuaria. (2020). *Análisis situacional cadena cárnica*. <https://bit.ly/3N67ahW>
- Vargas Ángel, G. O., & Jaramillo Hernández, D. A. (2013). Identificación y efectos de los diferentes métodos del amamantamiento restringido sobre la funcionalidad ovárica posparto en hembras bovinas mestizas doble propósito. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 4(1), 78–107. <https://doi.org/https://doi.org/10.22579/22484817.612>
- Ybalmea, R. (2015). Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 141–152.

Manuscrito aceptado