

Tipificación de agroecosistemas bovinos doble-propósito en Tuluá, Valle del Cauca, Colombia

Typification of dual-purpose bovine agroecosystems in Tuluá, Valle del Cauca, Colombia

Yhonny Rivera García^{1,2}, Luis Miguel Ramírez Nader^{1,3}, Francy Zorayda Gómez-Balanta^{1,4}.

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Colombia. ³✉ yriverag@unal.edu.co;
³✉ lmramirezn@unal.edu.co; ³✉ fragomezb@unal.edu.co



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n3.106600>

2023 | 72-3 p 292-300 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2023-01-02 Acep.: 2024-02-06

Resumen

Las laderas del departamento del Valle del Cauca, Colombia, concentran agroecosistemas bovinos doble-propósito (AGESBDP), que están caracterizados por una alta complejidad y variabilidad intrarregional, así como por la baja tecnificación y los impactos negativos sobre la biodiversidad. El objetivo de este estudio fue tipificar AGESBDP localizados en la zona media de la subcuenca del río San Marcos (Tuluá, Valle del Cauca), desde las dimensiones económicas, productivas, ecológicas y ambientales. Para ello, se seleccionó una muestra aleatoria representativa de 30 AGESBDP. La información se obtuvo de registros y de la aplicación de una encuesta estructurada; los datos fueron analizados por medio de estadística descriptiva, análisis de componentes principales (ACP) y agrupamiento de conglomerados. Se identificaron 2 tipos de AGESBDP (T1 y T2). Las características topográficas, productivas e ingresos/ha de los predios, fueron determinantes en la clasificación de los AGESBDP. AGESBDP T1 se caracterizó por tener mayor área (31.35 ha), pero menor eficiencia productiva y económica (709.82 ± 242.93 l/ha/año; COP\$ 1 012 123 ingreso bruto/ha/año, equivalente a US\$ 258.62 /ha/año). AGESBDP T2 presentó menor área (17 ha); índices de producción e ingresos superiores (1844.69 ± 516.15 l/ha/año; ingreso bruto/ha/año: COP\$ 2 448 799, equivalente a US\$ 625.70 /ha/año). Se concluye que los AGESBDP tipificados, requieren de procesos de reconversión productiva sostenibles, por medio de la implementación de tecnologías que se ajusten a las características específicas de los agroecosistemas ganaderos, con el objeto de cumplir con metas productivas sin detrimento del capital natural, priorizando la liberación y protección de áreas degradadas de interés ambiental.

Palabras clave: ecológico-ambiental; económico-productivo; ganadería; ladera; pastizales.

Abstract

The highlands of the department of Valle del Cauca, Colombia, concentrate dual-purpose cattle agroecosystems (DPS), characterized by high complexity and intra-regional variability, as well as low technification and negative impacts on biodiversity. The objective of this study was to typify DPS located in the middle zone of the San Marcos river sub-basin (Tuluá, Valle del Cauca) from the economic, productive, ecological, and environmental dimensions. For this purpose, a representative sample of 30 DPSs was selected. The information was obtained from records and through the application of a structured survey; the data were analyzed using descriptive statistics, a principal component analysis (PCA) and cluster grouping. Two types of DPS were identified (T1 and T2). The topographic, productive, and income/ha characteristics of the farms were determinants in the classification of the DPS. DPS T1 was characterized by a larger area (31.35 ha), but lower productive and economic efficiency (709.82 ± 242.93 l/ha/year; COP\$ 1 012 123 gross income/ha/year, equivalent to US\$258.62/ha/year). DPS T2 had a smaller area (17 ha), and higher production and income indices (1844.69 ± 516.15 l/ha/year; gross income/ha/year: COP\$ 2 448 799, equivalent to US\$ 625.70/ha/year). It was concluded that the typified DPS requires sustainable productive reconversion processes through the implementation of technologies adapted to the specific characteristics of livestock agroecosystems, in order to achieve productive goals without detriment of natural capital, prioritizing the release and protection of degraded areas of environmental interest.

Keywords: ecological-environmental; economic-productive; grasslands; hillside; livestock; pasture.

Introducción

Los agroecosistemas de producción bovina doble-propósito (AGESBDP) están ubicados en una gran variedad de ecosistemas del trópico (Cortés-Mora et al., 2012; Galeano y Manrique, 2010) y son importantes, no solo por sus aportes directos en los medios de vida rurales, sino también por su oferta de alimentos (Molina-Benavides y Sánchez-Guerrero, 2017; Villarroel-Molina et al., 2019). Un AGESBDP es un ecosistema antrópico abierto con múltiples y permanentes interacciones agroecológicas, socioeconómicas y tecnológicas con el ambiente y con un objetivo definido (Vilaboa-Arroniz, 2018). Los AGESBDP manejan bovinos con aptitud para la producción de leche y carne, se realiza ordeño manual con ternero al pie, y las crías de machos se levantan hasta el destete para luego ser comercializadas, mientras que las crías hembras generalmente son utilizadas como futuros reemplazos.

En Colombia los AGESBDP representan más del 66 % de los productores y 54 % de la leche nacional producida (Carulla y Ortega, 2016); se caracterizan por ser multifuncionales y flexibles (Villarroel-Molina et al., 2019), se desarrollan bajo pastoreo, en diferentes altitudes, usando bovinos cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*) (Carulla y Ortega, 2016); gran parte de la mano de obra es familiar y la orientación productiva se condiciona a cambios en los precios de la leche y carne (Espinosa-García et al., 2018). Igualmente, se utilizan cargas animales variables (Carulla y Ortega, 2016), un gran porcentaje de las vacas se ordeña parcialmente (Cortés-Mora et al., 2012; Galeano y Manrique, 2010) y la suplementación suele ser mineral (Carulla y Ortega, 2016). Existe una precaria implementación de sistemas de información y los productores suelen ser cautelosos y reservados con su divulgación, lo cual limita el establecimiento de programas productivos que resulten en mayor eficiencia y rentabilidad (Cortés-Mora et al., 2012; Enciso et al., 2018).

Los AGESBDP han logrado persistir a través del tiempo y tienen un gran potencial social, económico y ambiental (Cortés et al., 2003; Ortíz-Valdés et al., 2023), sin embargo, gran parte de los productores viven con necesidades básicas insatisfechas, barreras sociales, y recursos físicos, técnicos y financieros limitados (Galeano y Manrique, 2010; Villarroel-Molina et al., 2019). Además, obstáculos sistemáticos comunes al sector agrario en Colombia, como la informalidad, los débiles procesos asociativos (Villarroel-Molina et al., 2019), la baja gobernabilidad y el conflicto armado interno (Boron et al., 2016; Quintero-Gallego et al., 2018) limitan el crecimiento, el desarrollo sostenible y la competitividad.

Los indicadores de productividad y de desempeño tecnológico en los AGESBDP suelen ser deficientes (Cortés-Mora et al., 2012; Espinosa-García et al., 2018;

Galeano y Manrique, 2010); según reportan Carulla y Ortega (2016) y Enciso et al. (2018) el promedio de producción de leche en AGESBDP es de 3 a 5 litros/vaca/día, con lactancias entre 270 y 300 días, natalidad de 50-53 % e intervalo entre partos (IEP) de 680-700 días.

Cerca del 40 % de hatos en el Valle del Cauca son AGESBDP localizados en zonas de ladera y presentan múltiples limitaciones a nivel organizacional y técnico-productiva, así como un alto costo ambiental, principalmente en zonas marginadas (Boron et al., 2016; Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales, 2018). El municipio de Tuluá presenta un elevado número de sistemas ganaderos doble-propósito de pequeña y mediana escala, enfocados principalmente en la producción de leche, y caracterizados por una alta complejidad y variabilidad intrarregional (Boron et al., 2016; Quintero-Gallego et al., 2018).

El objetivo de la investigación fue caracterizar y tipificar AGESBDP ubicados en la subcuenca del río San Marcos, municipio de Tuluá, Valle del Cauca, Colombia.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se desarrolló en el año 2018 en AGESBDP localizados en la subcuenca del río San Marcos, municipio de Tuluá, Valle del Cauca ($3^{\circ}54'77''$ y $3^{\circ}58'62''$ LN, $76^{\circ}2'53''$ y $76^{\circ}5'33''$ LO), entre 1480 y 2982 m s. n. m., topografía ondulada/ montañosa, temperatura promedio de 17 °C y precipitación pluvial media de 1602 mm/año (CVC y CORPOCUENCA 2011).

Caracterización y tipificación de los agroecosistemas

De una población de 123 predios, se seleccionó una muestra aleatoria representativa de 30 AGESBDP. La información se obtuvo a través de recorridos, análisis de registros y una encuesta estructurada, que indagaba sobre variables económicas, productivas, ecológicas y ambientales (Tabla 1).

Análisis estadístico

Los datos se sistematizaron en tablas dinámicas de Microsoft Excel, se realizó un análisis estadístico descriptivo para cada variable, luego un análisis de componentes principales (ACP) y agrupamiento de conglomerados jerárquicos (clúster) utilizando el software SAS (2013).

Resultados y discusión

Análisis de componentes principales

Se seleccionaron variables con alto poder discriminatorio ($CV > 50\%$) y bajos valores de correlación, lo que consolidó 22 variables con las que se realizó el ACP. A partir de los autovalores > 1.0 , se identificaron 13 variables que explicaron el 86.82 % de la variación total: área en forraje de pastoreo, área en cultivos agrícolas, producción de leche, l/ha/año, días abiertos, área en bosques, margen económico, uso de agroquímicos, inventario bovino, destete/ha/año, producción de leche efectiva anual/vaca, materia orgánica del suelo, capacidad de intercambio catiónico y disponibilidad de agua.

Tipología de los agroecosistemas

El análisis de conglomerados permitió identificar dos tipos de AGESBDP (Figura 1), que se denominaron AGESBDP T1 y AGESBDP T2. Los AGESBDP T1 representaron el 66.66 % y los AGESBDP T2 el 33.34 %. En la Tabla 2, se presentan la estadística descriptiva de las variables evaluadas según al agrupamiento de los AGESBDP.

Caracterización y tipificación de los agroecosistemas

Los AGESBDP T1 presentaron mayores áreas y características topográficas montañosas (pendientes $> 70\%$ en 50 % de los predios), lo cual conlleva un mayor impacto de las actividades ganaderas sobre el suelo (procesos erosivos altos-severos). Los AGESBDP T2 presentaron áreas más pequeñas y relieves ondulados, con erosión ligera-moderada.

Tabla 1. Variables para tipificar los agroecosistemas de producción bovina doble-propósito

| Dimensión | Variables |
|------------------------|--|
| Económico - productiva | Tamaño agroecosistema: área total, área cultivos agrícolas, área forrajes de pastoreo, área forrajes de corte, área bosques, vacas en producción, vacas secas, número total terneros, inventario total bovinos, carga animal. Producción leche: producción vaca/día, producción total hato/día, producción efectiva anual/vaca, duración lactancia, oferta suplemento. Parámetros reproductivos: IEP, días abiertos, natalidad, descartes, edad y peso primer monta, litros/hectárea/año, destete/hectárea/año, peso y edad destete. Margen económico: ingreso bruto/hectárea/año, costo litro leche, margen operativo/hectárea/año. Calidad leche: distancia de finca al centro de acopio, Sólidos Totales, Unidades Formadoras de Colonias, Recuento Células Somáticas. |
| Ecológico - ambiental | Edáficas: pH, carbono orgánico, CIC, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio. Recurso hídrico: nacimientos y aforo de agua. Cantidad agroquímicos utilizados en pastizales, cantidad nitrógeno aplicado a pastizales |

El área utilizada para los cultivos agrícolas correspondió al 3.1 y 2.9 % en AGESBDP T1 y T2, respectivamente. Un 43.3 % de los AGESBDP destinaron una pequeña parte del área total para cultivos de pancoger y frutales (autoconsumo y comercialización).

AGESBDP T1 tuvo áreas de pastoreo más extensas en comparación con AGESBDP T2, pues se destinaron 75.4 y 61.8 % del área total para pastoreo, respectivamente. Los pastizales de AGESBDP T2 tuvieron mayor oferta de biomasa forrajera por área, en contraste a AGESBDP T1 (Tabla 3).

AGESBDP T1 presentó mayor degradación de los pastizales por sobrepastoreo y erosión, en contraste al mejor estado de estos en AGESBDP T2, lo cual puede asociarse con mejor gestión del pastoreo. En AGESBDP T1 se apreció mayor prevalencia de plantas acompañantes no deseadas.

El 20 % de los predios asociados a AGESBDP T1 presentaron especies arbóreas y arbustivas dentro de las áreas de pastoreo; en AGESBDP T2 se encontró que 40 % de las fincas establecieron arreglos silvopastoriles cubriendo aproximadamente 20 % de los pastizales.

Los sistemas de pastoreo de AGESBDP T1 se caracterizaron por ser rotativos, con promedios de 12 potreros, ocupación y descanso de 3 y 37 días, respectivamente. En AGESBDP T2 se registraron sistemas de pastoreo rotativos, una media de 9 potreros, 5 y 42 días de ocupación y descanso, respectivamente.

Ambos AGESBDP destinaron $< 2.0\%$ del área total para el cultivo de forrajes de corte. En AGESBDP T1 los forrajes de corte se caracterizaron por pasturas sin renovación, fertilización nitrogenada eventual, cortes cada 74.6 días y producciones de 8.5 kg/m^2 . Con base en la información recolectada a través de la encuesta estructurada, se evidenció que 84 % de

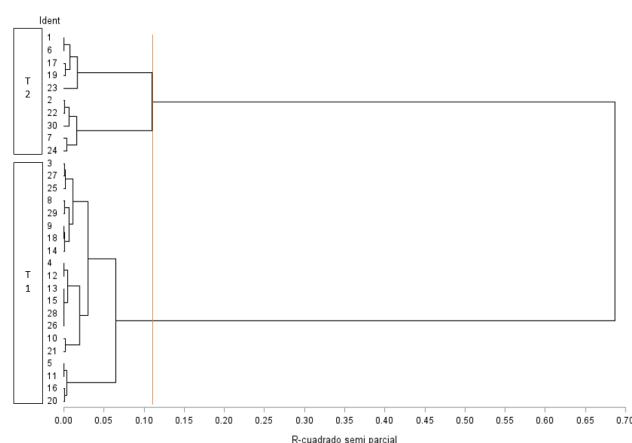


Figura 1. Tipificación de los agroecosistemas de producción bovina doble-propósito (AGESBDP) con base en características económicas, productivas, ecológicas y ambientales. T1: AGESBDP1 y T2: AGESBDP2.

Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables medidas en los agroecosistemas de producción bovina doble-propósito, tipificados desde las dimensiones económicas, productivas, ecológicas y ambientales (AGESBDP T1 y AGESBDP T2)

| Variable | Unidad | AGESBDP T1 | | AGESBDP T2 | |
|--|----------|------------|---------|------------|---------|
| | | Media | DS | Media | DS |
| Dimensión económico-productiva | | | | | |
| Área total | ha | 31.35 | 22.59 | 17.00 | 11.59 |
| Área cultivos agrícolas | ha | 0.98 | 1.40 | 0.50 | 0.75 |
| Área forrajes pastoreo | ha | 23.65 | 19.00 | 10.50 | 5.55 |
| Área forrajes corte | ha | 0.52 | 0.60 | 0.20 | 0.37 |
| Área bosques | ha | 6.18 | 7.04 | 5.65 | 8.93 |
| Vacas en producción | Vacas | 7.55 | 4.07 | 9.20 | 4.21 |
| Vacas secas | Vacas | 2.80 | 1.88 | 3.80 | 2.49 |
| Número total terneros | Terneros | 8.70 | 4.86 | 9.00 | 4.47 |
| Inventario total bovinos | UGG | 18.47 | 12.71 | 18.48 | 8.96 |
| Carga animal | UGG/ha | 0.81 | 0.26 | 1.79 | 0.49 |
| Producción leche vaca/día | L/día | 5.32 | 1.12 | 5.67 | 1.13 |
| Producción total leche hato/día | L/día | 38.98 | 19.44 | 51.86 | 22.40 |
| Producción leche efectiva anual/vaca | L/año | 1211.17 | 278.02 | 1318.36 | 335.80 |
| Litros/hectárea/año | L/ha | 709.82 | 242.93 | 1844.69 | 516.15 |
| Duración lactancia | Días | 264.30 | 10.31 | 273.20 | 17.62 |
| Oferta suplemento | g/L | 0.16 | 0.14 | 0.18 | 0.10 |
| IEP | Días | 441.04 | 44.72 | 442.00 | 40.58 |
| Días abiertos | Días | 158.09 | 35.41 | 160.80 | 25.90 |
| Natalidad | % | 73.47 | 6.21 | 74.86 | 5.05 |
| Descartes | % | 12.78 | 3.31 | 12.75 | 3.14 |
| Edad primer monta | Meses | 27.25 | 4.10 | 25.40 | 2.12 |
| Peso primer monta | Kg | 317.50 | 30.76 | 320.00 | 29.44 |
| Destete/hectárea/año | Kg/ha | 63.96 | 23.40 | 129.71 | 31.00 |
| Peso destete | Kg | 149.20 | 13.05 | 155.70 | 13.09 |
| Edad destete | Meses | 7.65 | 0.73 | 7.63 | 0.69 |
| Ingreso bruto/hectárea/año | COP | 1 012 123 | 305 723 | 2 448 799 | 516 804 |
| Costo litro leche | COP | 598 | 87 | 609 | 82 |
| Margen operativo/hectárea/año | % | 31.79 | 11.94 | 30.96 | 4.90 |
| Distancia de finca a centro de acopio | Km | 6.49 | 5.43 | 5.49 | 3.88 |
| Contenido de sólidos totales | % | 12.12 | 0.59 | 12.18 | 1.23 |
| Unidades formadoras de colonias | UFC/ml | 591 500 | 242 319 | 568 800 | 301 855 |
| Recuento células somáticas | RCS/ml | 182 150 | 70 778 | 175 100 | 78 153 |
| Dimensión ecológico-ambiental | | | | | |
| pH | pH | 5.68 | 0.44 | 5.41 | 0.66 |
| Carbono orgánico | % | 2.85 | 0.59 | 2.47 | 1.16 |
| CIC | meq/100g | 7.81 | 2.52 | 6.70 | 3.02 |
| Materia orgánica | % | 4.85 | 0.95 | 4.26 | 1.99 |
| Nitrógeno | ppm | 0.16 | 0.03 | 0.14 | 0.06 |
| Fosforo | ppm | 0.27 | 0.15 | 0.26 | 0.11 |
| Potasio | ppm | 6.76 | 3.08 | 7.16 | 4.71 |
| Nacimientos agua | Cantidad | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Aforo agua | L/min | 27.49 | 59.01 | 36.32 | 39.94 |
| Cantidad agroquímicos utilizados en pastizales | L/ha | 13.80 | 10.33 | 9.75 | 6.51 |
| Cantidad nitrógeno aplicado a pastizales | Kg/ha | 28.19 | 19.97 | 20.99 | 18.13 |

DS: desviación estándar.

Tabla 3. Gramíneas predominantes, producción de biomasa y composición nutricional, en los agroecosistemas de producción bovina doble-propósito, tipificados en la subcuenca del río San Marcos (Tuluá, Valle del Cauca)

| AGESBDP T1 | | | | AGESBDP T2 | | | |
|--------------------|--|---|---|--------------------|--|---|--|
| Especie | Nombre científico | Producción biomasa promedio (g/m ²) | Ánálisis bromatológico compuesto (%MS) | Especie | Nombre científico | Producción biomasa promedio (g/m ²) | Ánálisis bromatológico compuesto (%MS) |
| Pasto brachiaria | <i>Brachiaria decumbens</i> | | | Pasto brachiaria | <i>Brachiaria decumbens</i> | | |
| Pasto Brizanta | <i>Brachiaria brizantha</i> | | | Pasto guinea | <i>Panicum maximum</i> | | |
| Pasto kikuyo | <i>Pennisetum clandestinum</i> | | | Pasto falsa poa | <i>Holcus lanatus</i> | | |
| Pasto falsa poa | <i>Holcus lanatus</i> | | MS: 13.4 PC: 10.31 | Pasto estrella | <i>Cynodon plectostachyus</i> | | MS: 12.75 PC: 12.96 |
| Grama | <i>Cynodon dactylon</i> | | EE: 1.87 Cenizas: 10.74 | Pasto puntero | <i>Hyparrhenia rufa</i> | | EE: 2.98 Cenizas: 13.83 |
| Pasto estrella | <i>Cynodon plectostachyus</i> | 235.13 | FDN: 59.20 FDA: 50.77 | Raygrass | <i>Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides</i> | 470.67 | FDN: 56.44 FDA: 31.25 |
| Pasto puntero | <i>Hyparrhenia rufa</i> | | LDA: 15.96 Dig. in vitro: 39.86 | Pasto azul orchoro | <i>Dactylis decumbens</i> | | LDA: 5.08 Dig. in vitro: 42.51 |
| Raygrass | <i>Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides</i> | | | | | | |
| Pasto azul orchoro | <i>Dactylis decumbens</i> | | | | | | |
| Trébol rojo | <i>Trifolium pratense</i> | | | | | | |
| Trébol blanco | <i>Trifolium repens</i> | | | | | | |

MS: materia seca (gravimetría); PC: proteína cruda (Kjeldahl); EE: extracto etéreo (Soxhlet); cenizas (gravimetría); FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida; LDA: lignina detergente ácida (Van Soest *et al.*, 1991); digestibilidad *in vitro* (Menke y Steingass, 1988). Laboratorio Nutrición Animal, Universidad Nacional de Colombia Palmira.

los productores manifestaron poco interés en la continuidad de estos cultivos, debido a los mayores costos y mano de obra requerida.

En AGESBDP T2 los períodos de corte fueron entre 61 y 84 días, con producción de 12.2 kg/m²; hubo un mayor porcentaje de productores interesados por los forrajes de corte, reflejado en la gestión de los cultivos y el desarrollo de prácticas de conservación. De acuerdo con Cortés *et al.* (2012) entre las causas que limitan la gestión estratégica de cultivos de forrajes, son las precarias condiciones de infraestructura, lo que desmotiva a los productores para usar estas tecnologías.

AGESBDP T1 destinó 19.7 % del área total para vegetación nativa, pero se encontró intervenida y degradada. En AGESBDP T2 se dedicó 33.2 % del área total a la conservación de bosques naturales; un alto porcentaje de los predios de AGESBDP T2 tienen jurisdicción con una reserva no intervenida, como parte de un acuerdo establecido. De igual manera, se registraron en todos los AGESBDP nacimientos de agua que garantizan suministro permanente del líquido y el desarrollo de otras actividades pecuarias, sin embargo, un alto porcentaje se encontraron desprotegidos.

La composición racial de los AGESBDP estuvo constituida por cruzamientos entre *Bos taurus* (Normando, Pardo Suizo, Jersey, Holstein, Simmental, Ayrshire y Charolais) y *Bos indicus* (Brahman, Gyr, Guzerat, Neloré), así como algunas razas criollas colombianas (Blanco Orejinegro [BON], Lucerna y Hartón del Valle), lo que permite que los productores puedan orientar la producción hacia leche y carne simultáneamente (Durán-Rojas *et al.*, 2020; Holmann *et al.*, 2004).

AGESBDP T1 presentó menor cantidad de vacas en producción en comparación a AGESBDP T2. La distribución del hato por número de partos en AGESBDP T1 fue 43.7 % entre 1 y 2 partos, 35.8 % entre 3 y 5 partos, y 20.5 % de 6 a 8 partos. Por su parte, AGESBDP T2 registró 39.5 % del hato > 6 partos, 36.0 % entre 3 y 5 partos, y 24.5 % entre 1 y 2 partos. La relación de hembras en producción y secas fue 72.94/27.05 y 70.76/29.23 para AGESBDP T1 y T2, respectivamente; por otro lado, una baja eficiencia productiva se da cuando la proporción de vacas en producción es 55.60 ± 13.53 (Durán-Rojas *et al.*, 2020).

En ambos AGESBDP el número de terneros y el manejo fue similar; terneros al pie durante el ordeño y después llevados a zonas de pastoreo exclusivos;

este tipo de manejo con bajos niveles de tecnificación es característico de AGESBDP (Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales, 2018).

La carga animal (CA) en AGESBDP T1 (0.81 UGG/ha) fue inferior a la encontrada en AGESBDP T2 (1.79 UGG/ha). Molina-Benavides y Sánchez-Guerrero (2017) reportaron en sistemas ganaderos similares, CA de 0.52 UGG/ha; y Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales (2018) referenciaron en AGESBDP localizados en laderas del Valle del Cauca CA de 0.6 animales/ha. La baja CA en AGESBDP T1 se asoció con la mayor pendiente de las áreas de pastoreo y la menor oferta forrajera. Las características topográficas onduladas en AGESBDP T2, acompañadas de la gestión de los pastizales, favorecieron una mayor disponibilidad de biomasa forrajera. Ibrahim *et al.* (2006) refieren que una CA ajustada a las condiciones del entorno maximiza los retornos económicos, y afectan positivamente la productividad/animal y la integridad de las zonas de pastoreo, pues la degradación de pastizales afecta directamente los ingresos netos y genera baja rentabilidad con repercusiones socioambientales.

La producción de leche fluctuó entre 4.0 y 6.0 l/vaca/día, datos similares a los reportados en el país (Carulla y Ortega, 2016), en laderas del Valle del Cauca (Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales, 2018; Molina-Benavides y Sánchez-Guerrero, 2017), en el trópico húmedo (Cortés-Mora *et al.*, 2012) y en el Caribe colombiano (Durán-Rojas *et al.*, 2020).

El AGESBDP T2 reportó mayor productividad de leche diaria y anual, superando al AGESBDP T1 en una media de 12.9 l/día y 1134.9 l/ha/año. En condiciones similares Gómez *et al.* (2011) reportaron un promedio de 1864.5 l/ha/año. La mayor productividad de AGESBDP T2 se relacionó con mejores prácticas de manejo, mayor disponibilidad de biomasa forrajera en pastizales y la suplementación. Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales (2018) señalan que las estrategias que se desarrollen en agroecosistemas ganaderos deben estar enfocadas en mejorar la productividad (animal y ha), optimizando la CA, pues los costos de producción y la competitividad están relacionados directamente con el tamaño del hato, distribuyendo los costos fijos y los gastos totales entre el número de animales (Holmann *et al.*, 2004).

La duración promedio de la lactancia en AGESBDP T1 y AGESBDP T2, fueron acordes a los reportados por Carulla y Ortega (2016) en AGESBDP colombianos.

Por su parte, las características de suplementación son similares en la mayoría de AGESBDP del país: estas implican suministro, normalmente permanente, de sales mineralizadas, con el fin de contrarrestar deficiencias minerales (Cortés-Mora *et al.*, 2012). AGESBDP T1 suministró sal mineralizada (8 %) en aproximadamente 60.7 % de los predios, el 39.3 % restante suplementó con sal marina; en el ordeño suplementaron las vacas con una mezcla

(no balanceada) de ingredientes adquiridos en el mercado municipal. AGESBDP T2 suplementó con sal mineralizada (8 %) en un 83.8 % de los predios y 16.2 % con sal marina; en el ordeño se suministraron residuos de cosechas y una mezcla similar a la de AGESBDP T1. Ahora, la suplementación es determinante sobre la eficiencia productiva, pero tiende a ser baja o nula por los costos que acarrea, es por ello que la base de la alimentación de los animales son los recursos fibrosos disponibles (Dios-Palomares *et al.*, 2021).

Se detectó que las vías de acceso a los hatos normalmente fueron terciarias en mal estado, lo que conlleva traslados tortuosos y limita el acopio de leche; algo característico de los AGESBDP tropicales es que se encuentran localizados en sitios apartados de los centros de acopio o consumo (Holmann *et al.*, 2004).

La mayoría de AGESBDP estudiados cumplieron los parámetros de calidad de leche establecidos en el decreto 616 (2006) del Ministerio de Salud y Protección Social. Un 10 % de la leche producida en AGESBDP T2 estuvo por debajo de rango mínimo de ST (11.30 %). En el Caribe colombiano se reportaron contenidos de ST entre 12.2 y 13.6 % (Durán-Rojas *et al.*, 2020). El 35 % de los hatos AGESBDP T1 y el 40 % de AGESBDP T2 produjeron leche con > 700 000 UFC/ml, lo cual está asociado, en ambos casos, a la deficiente implementación de BPO. A nivel nacional se ha establecido que leche de excelente calidad debe presentar < 50 000 UFC/ml (Durán-Rojas *et al.*, 2020).

Así mismo, se encontró que el 40 % y 20 % de AGESBDP T1 y T2, respectivamente, presentaron > 200 000 RCS/ml, lo que supera los valores pre establecidos (<100 000 RCS/ml). El alto RCS se asoció a deficientes planes sanitarios, incidencia de mastitis y traumas físicos; esto indica la necesidad de implementar BPO (Durán-Rojas *et al.*, 2020). Cortés *et al.* (2012) anotan que > 78 % de los productores no realizan análisis de calidad de leche y que las condiciones de infraestructura (ordeño y procesamiento), con las que cuentan los pequeños y medianos productores no son idóneas, lo cual afecta la calidad higiénica de la leche; esto implica que a nivel de comercialización de la leche existan rechazos por parte de la industria láctea o que se “castigue” por calidad higiénica con descuentos en el precio de la leche, según lo establecido en el Decreto 616 de 2006 y la Resolución 0017 de 2012.

A nivel reproductivo, en ambos AGESBDP el IEP fue > 440 días coincidiendo con lo reportado en sistemas ganaderos similares (Enciso *et al.*, 2018; Molina-Benavides y Sánchez-Guerrero, 2017; Gómez *et al.*, 2011) y en lecherías especializadas del Valle del Cauca (Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales, 2018). Estos resultados reflejan la importancia de implementar programas reproductivos más eficientes.

Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales (2018) reportaron días abiertos (DA) de 147.8 en lecherías

del Valle del Cauca; la baja eficiencia reproductiva en AGESBDP T1 y T2 se asoció a la falta de programas reproductivos adaptados a las particularidades del entorno, así como a la prevalencia de enfermedades reproductivas y deficiencias nutricionales.

Los AGESBDP evaluados presentaron porcentajes de natalidad por encima del rango medio nacional (50 y 53%) (Enciso *et al.*, 2018). En sistemas ganaderos similares se reportaron natalidades del 81% (Molina-Benavides y Sánchez-Guerrero, 2017).

Los kilos de destetos/ha en AGESBDP T2 superaron a los reportados en AGESBDP T1. El mayor peso de los terneros de AGESBDP T2 se asoció a que, además de leche y sal mineral ofrecida, suplementaban con raciones < 200 g/animal/día. En contraste, AGESBDP T1 suministró solo leche remanente y forraje disponible en pastizales.

Por otro lado, el AGESBDP T2 reportó mayores ingresos brutos/ha/año, en contraste con AGESBDP T1, lo que está asociado a la mayor productividad (animal y área) y los planes de manejo diferenciados. Holmann *et al.* (2004) señalan la importancia de adoptar tecnologías adaptadas a las particularidades de los agroecosistemas ganaderos que lleven a incrementar la productividad, la competitividad y la rentabilidad, como el mejoramiento de pastizales que posibiliten un manejo rotacional más eficiente, con base en la calidad y cantidad de biomasa vegetal, integrado con una suplementación estratégica.

Así mismo, el costo de producción de leche fue menor en AGESBDP T1, debido a los gastos operacionales e inversión diferenciados con AGESBDP

T2, condiciones resaltadas por Holmann *et al.* (2004). La distribución porcentual de los costos variables y fijos, que influyeron en los costos de producción (Figura 2), mostró que la alimentación tuvo la mayor participación, seguida de los insumos para pastizales y la mano de obra. Además, AGESBDP T1 registró un mayor porcentaje en costos sanitarios.

En ambas tipologías se encontraron suelos ácidos, lo que coincide con los resultados obtenidos en otros estudios realizados en zonas de laderas del Valle del Cauca y del país, en los que se señala que los suelos de zonas andinas de las vertientes cordilleranas tienden a ser naturalmente ácidos por su origen volcánico y pueden presentar limitantes, como la baja disponibilidad de ciertos nutrientes (Gómez-Balanta y Ramírez-Nader, 2022; Gómez-Vargas *et al.*, 2017; Morales-Vallecilla y Ortiz-Grisales, 2018). No obstante, se ha indicado que muchos de los forrajes tropicales toleran rangos de pH entre 5 y 6 (Pezo, 2019).

En la investigación también se evidenciaron bajos contenidos de carbono orgánico en el suelo (COS), materia orgánica del suelo (MOS) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), asociados al pH y a actividades antrópicas que afectan la calidad (Santos *et al.*, 2018; Soto *et al.*, 2016) y potencializan la degradación edáfica (Gómez-Vargas *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Soto *et al.*, 2016). La CIC se correlaciona directamente con la MOS, el COS y el N, pues son responsables del 25 al 90 % de la CIC total (Gómez-Vargas *et al.*, 2017; Soto *et al.*, 2016).

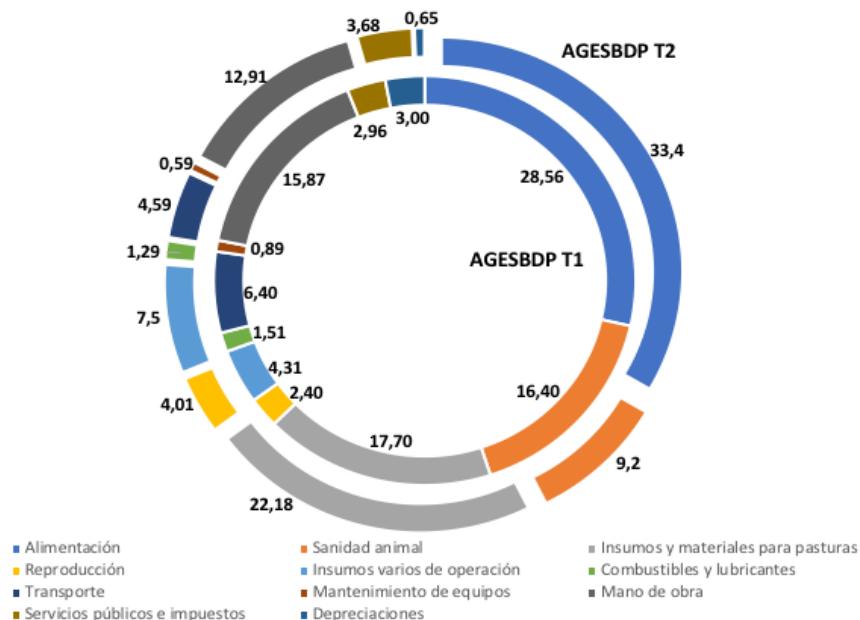


Figura 2. Porcentaje de participación de los costos variables y fijos, sobre los costos de producción de leche, en los agroecosistemas de producción bovina doble-propósito, tipificados en la subcuenca del río San Marcos (Tuluá, Valle del Cauca).

Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en ambas tipologías fueron bajos, y estuvieron asociados con que los suelos tropicales suelen presentar deficiencias de macronutrientes (Pezo, 2019; Soto *et al.*, 2016). El N normalmente es deficitario en pastizales, debido a las altas demandas y pérdidas; el bajo contenido de P afecta la disponibilidad de N, por su importancia en la fijación del N por leguminosas, y el K cumple un rol importante en la fijación del N atmosférico, es por ello que se deben estructurar adecuados planes de fertilización mineral e introducir leguminosas para suplir las deficiencias de macronutrientes y optimizar la productividad (Molina *et al.*, 2020; Pezo, 2019).

El uso de agroquímicos en AGESBDP T1 fue mayor que en AGESBDP T2; esto es asociado al manejo diferencial en pastizales y cultivos. AGESBDP T1 se caracterizó por desarrollar prácticas más dependientes de insumos externos y los AGESBDP T2 por realizar prácticas de manejo integrales. Gran parte de los agroquímicos utilizados estuvieron destinados a la fertilización, control de insectos, fito enfermedades y arvenses. Sin embargo, el uso indiscriminado de agroquímicos genera impactos directos e indirectos sobre la biodiversidad y ambiente (Ibrahim *et al.*, 2006), y generalmente los productores no cuentan con planes adecuados para la aplicación de estos productos.

El AGESBDP T1 se caracterizó por utilizar mayor cantidad de fertilizantes nitrogenados, mientras que AGESBDP T2 aplicó compost y fertilización nitrogenada semestralmente. Holmann *et al.* (2004) indican que el uso de fertilizantes incrementa más los costos que los ingresos marginales, además refieren que planes inadecuados de aplicación de nutrientes generan problemas ambientales. La sostenibilidad de pastizales y cultivos forrajeros requiere de planes adecuados de fertilización, que consideren las necesidades nutricionales de los cultivos, maximicen la fertilidad edáfica natural, el reciclaje y la reposición de nutrientes extraídos, y estrategias para la gestión sostenible de los agroecosistemas ganaderos (Pezo, 2019).

El conocimiento sobre cómo se constituyen y funcionan los agroecosistemas ganaderos en zonas de ladera del Valle del Cauca es información base importante para proponer y adoptar alternativas tecnológicas orientadas a optimizar la productividad, la competitividad y la sostenibilidad de los AGESBDP localizados en las vertientes de las cordilleras del departamento; por lo cual es imperante que se evalúen diversas opciones de reconversión que permitan obtener resultados productivos-económicos ajustados a las particularidades de los sistemas, sin detrimento de la base ecológica que les sostiene. Dichas alternativas productivas deberían estar enmarcadas en la gestión de los pastizales y el pastoreo, la suplementación, la disposición de agua, la protección y la conservación de zonas de interés

ambiental; la incorporación de prácticas de mitigación y adaptación al cambio climático, y la transferencia, gestión de información y de conocimiento para la adopción de las tecnologías por parte de los productores.

Conclusiones

Con base en la caracterización y tipificación, los AGESBDP se clasificaron en 2 tipologías. Se encontró que una mayor área predial no significó mayor productividad y eficiencia de los AGESBDP, pues se debe considerar que existen factores limitantes como la topografía, que incide en el desarrollo de los pastizales, y en el comportamiento y desempeño productivo de los bovinos. De igual manera se observó que las características topográficas y la gestión de pastizales estuvieron relacionadas con mayor oferta de biomasa forrajera. La suplementación y menor dependencia de insumos externos se relacionó con mayores márgenes económicos. De manera generalizada, se detectaron bajos índices reproductivos, por lo que es importante que los productores tengan más acceso a la asistencia técnica para el mejoramiento del manejo e implementación de programas de reproducción adaptados a las condiciones del agroecosistema. Los AGESBDP evaluados dan cuenta de la necesidad y la importancia de los procesos de reconversión productiva sostenible, con base en características particulares, con el objetivo de optimizar una producción forrajera que permita el aumento de la carga animal, sin detrimento del capital natural, priorizando la liberación y protección de áreas de interés ambiental.

Referencias

- Boron, V.; Payán, E.; MacMillan, D. y Tzanopoulos, J. (2016). Achieving sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change. *Land Use Policy*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.017>
- Carulla, J. y Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2), 83-87. https://www.researchgate.net/publication/317017699_Sistemas_de_produccion_lechera_en_Colombia_Retos_y_oportunidades
- Cortés, H.; Aguilar, C. y Vera, R. (2003). Sistemas bovinos doble propósito en el trópico bajo de Colombia. Modelo de simulación. *Archivos de Zootecnia*, 52(197), 25-34. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49519703.pdf>
- Cortés-Mora, J.; Cotes-Torres, A. y Cotes-Torres, J. (2012). Structural features of dual-purpose cattle production system in the Colombian humid tropic. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25, 229-239. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v25n2/v25n2a08.pdf>
- CVC y CORPOCUENAS. (2011). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Tuluá. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Corporación Valdecaucana de las Cuencas Hidrográficas y el Medio Ambiente. 205p.

- Dios-Palomares, R.; Morantes, M. y Alcaide-López, D. (2021). Eficiencia técnica en diferentes sistemas de producción con rumiantes: una revisión sistemática y un enfoque de meta-análisis. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 30(1), 7-18. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/35538/37699>
- Durán-Rojas, E.; Calderón-Rangel, A. y Ramírez-Montoya, J. (2020). Clasificación de empresas ganaderas doble-propósito por calidad y canales de comercialización de la leche en el Caribe colombiano. *Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1358>
- Enciso, K.; Bravo, A.; Charry, A.; Rosas, G.; Jäger, M.; Hurtado, J.; Romero, M.; Sierra, L.; Quintero, M. y Burkart, S. (2018). Estrategia sectorial de la cadena de ganadería doble-propósito en Caquetá, con enfoque agroambiental y cero deforestación. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, 454. https://www.biopasos.com/biblioteca/103v%20Vision_Amazonia_Ganaderia_Caqueta.pdf
- Espinosa-García, J.; Izquierdo, A.; Góngora-González, S.; Reyes, V.; Gómez, R. y Rivera-Maldonado, J. (2018). Evaluation of impact on productivity and profitability of technology in the bovine system of double-purpose of the Mexican tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 261-272. <https://www.revista.ccba.uday.mx/ojs/index.php/TS/ article/view/2411/1147>
- Galeano, A. y Manrique, C. (2010). Estimación de parámetros genéticos para características productivas y reproductivas en los sistemas doble propósito del trópico bajo colombiano. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 57, 119-131. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/17342/18179>
- Gómez-Balanta, F. y Ramírez-Nader, L. (2022). Contenidos de carbono y nitrógeno del suelo en un agroecosistema altoandino del Valle del Cauca, Colombia. *Actualidad & Divulgación Científica*, 25(2), 1-10. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.2057>
- Gómez, M.; Gutiérrez, J. y Caballero, L. (2011). Modelos competitivos sostenibles en producción bovina. Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN). Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Convenio 108 de 2010. Bogotá, Colombia.
- Gómez-Vargas, R.; Hernández-Hoyos, E.; Guardiola-Perilla, M. y Bonilla-Correa, C. (2017). Dinámica entre propiedades químico-físicas y biológicas del suelo como respuesta a diferentes insumos orgánicos. *Suelos Ecuatoriales*, 47(1 y 2), 53-60. http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/76/65
- Holmann, F.; Argel, P.; Rivas, L.; White, D.; Estrada, R.; Burgos, C.; Pérez, E.; Ramírez, G. y Medina, A. (2004). ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de los productores y extensionistas en Honduras. A. Ramírez (ed.). Cali: CIAT. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/1834/Rehabilitacion_Pasturas_Honduras_Version_Final_DT196.pdf?sequence=1
- Ibrahim, M.; Villanueva, C.; Casasola, F. y Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29(4), 383-419. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121676004.pdf>
- Menke, H.H. y Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Molina-Benavides, R. y Sánchez-Guerrero, H. (2017). Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 29-36. <https://doi.org/10.22490/21456453.2028>
- Molina, N.; Terrazas, L. y Mariazza, E. (2020). Strategies to improve High Andean rangelands: The role of clover and phosphorous fertilization. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), e17840. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17840>
- Morales-Vallecilla, F. y Ortiz-Grisales, S. (2018). Productividad y eficiencia de ganaderías lecheras especializadas en el Valle del Cauca (Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 65(3), 252-268. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n3.76463>
- Ortiz-Valdés, C.; Barajas-Pardo, D.; Velásquez-Penagos, J.; Rangel-García, W.; Neira-Rivera, E. y Velásquez-Penagos, J. (2023). Estudio técnico-económico de tres alternativas de producción del sistema doble propósito bovino en Meta, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 34 (3), 1-12. <https://doi.org/10.15517/am.2023.51254>
- Pezo, D. (2019). Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Estado del arte. BID. <https://doi.org/10.18235/0001722>
- Quintero-Gallego, M.; Quintero-Ángel, M. y Vila-Ortega, J. (2018). Exploring land use/land cover change and drivers in Andean mountains in Colombia: A case in rural Quindío. *Science of the Total Environment*, 634. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.359>
- Santos, P.; Roa, H.; Darghan, A. y Monroy, J. (2018). Modelado espacial del carbono orgánico del suelo y su relación con otras propiedades químicas en el cultivo de arroz del distrito de riego del Norte de Santander colombiano. *Gestión y Ambiente*, 21(2), 252-262. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2.73004>
- Soto, E.; Hernández, M.; Santos, H.; Ortiz, E. y García, E. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(5), 98-105. <http://www.reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf>
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vilaboa-Arroniz, J. (2018). Una aproximación dialéctica a los agroecosistemas. *Agro Productividad*, 9(12). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/866>
- Villarroel-Molina, O.; Barba, C. y García, A. (2019). Use of social networks to explore smallholder's adoption of technologies in dual purpose farms. *Esic Market Economics and Business Journal*, 50(2), 233-257. <https://revistasinvestigacion.esic.edu/esicmarket/index.php/esicm/article/view/244/503>