

Desarrollo de novillas BON x Cebú en un silvopastoral de *Tithonia diversifolia*, en Antioquia, Colombia*

Performance of heifers BON x Cebu in a silvopastoral of *Tithonia diversifolia*, in Antioquia, Colombia

Desempenho de novilhas BON x Cebu em um silvipastoral de *Tithonia diversifolia* em Antioquia, Colombia

JERALDYN ARGÜELLO-RANGEL¹, LILIANA MAHECHA-LEDESMA²,
JOAQUÍN ANGULO-ARIZALA³

RESUMEN

Historial del Artículo

Recibido para evaluación: 11 de Noviembre 2019.

Aprobado para publicación: 4 de Mayo 2020.

* Proyecto de investigación de origen: "Uso de arbustivas forrajeras en la cría y levante de ganado BON x Cebú en Cauca, Antioquia". Financiación: Departamento de formación académica de Haciendas y a la estrategia sostenibilidad 2018-2019 de la Universidad de Antioquia. Culminación: 30 de septiembre de 2019.

- 1 Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). Médico Veterinario Zootecnista. Medellín, Colombia. ORCID: <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. ORCID: <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. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3352-8795>.

Correspondencia: liliana.mahecha@udea.edu.co

La producción bovina en Colombia se caracteriza por presentar bajos indicadores de producción debido a la baja calidad de las pasturas y el manejo extensivo de las praderas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un silvopastoril de *Tithonia diversifolia* y *Urochloa brizantha* cv. Toledo asociado a *Urochloa humidicola*, sobre los parámetros productivos de novillas BON x Cebú. Se distribuyeron de manera aleatorizada, 24 novillas BON x Cebú de $15,81 \pm 2,05$ meses y $183,95 \pm 33,45$ kg de peso, en dos tratamientos, un monocultivo de *Urochloa brizantha* cv. Toledo y *Urochloa humidicola*, y el sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia*. Se estimó la producción de materia seca y el consumo de materia seca en cada tratamiento y se realizó evaluación del peso, ganancia de peso, altura a la cruz, perímetro torácico y longitud corporal de los animales, durante dos pastoreos. Se hallaron diferencias significativas a favor del sistema silvopastoril para la producción de materia seca, la ganancia de peso, el peso, y la altura a la cruz ($p \leq 0,05$). Se concluyó que los sistemas silvopastoriles son una alternativa para mejorar la oferta forrajera y, por consiguiente, el desarrollo productivo de novillas.

ABSTRACT

Bovine production in Colombia is characterized for its low production indicators, because pastures are of low quality and the grasslands has an extensive management. The objective of this research was to evaluate the effect of a silvopastoral with *Tithonia diversifolia*, and *Urochloa brizantha* cv. Toledo associated with *Urochloa humidicola*, on the productive parameters of BON x Zebu heifers. 24 heifers BON x Zebu with an average age of $15,81 \pm 2,05$ months and $183,95 \pm 33,45$ kg of weight, were distributed randomly in two treatments, a monoculture with *Urochloa brizantha* cv. Toledo associated to *Urochloa humidicola*, and, the silvopastoral with *Tithonia diversifolia*. The dry matter production and the consumption was estimated in both treatments. Also, the weight, weight gain, body height, heart girth and body length were evaluated in the animals during two rotations. Significant differences were found in the silvopastoral system for the production of dry matter, weight gain, the weight, and body height ($p \leq 0,05$). It was concluded that silvopastoral systems are an alternative to improve the forage offer and the performance of heifers.

RESUMO

A produção bovina na Colômbia é caracterizada por baixos indicadores de produção, devido à baixa qualidade das pastagens e ao amplo manejo das pastagens. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de um sistema silvipastoril de *Tithonia diversifolia*, *Urochloa brizantha* cv. Toledo consorciado com *Urochloa humidicola*, nas desempenho de novilhas BON x Zebu. 24 novilhas BON x Zebu

PALABRAS CLAVE:

Arbustivas forrajeras, Producción ganadera, Sostenibilidad, Trópico.

KEYWORDS:

Forage shrubs, Livestock production, Sustainability, Tropics.

PALAVRAS-CHAVE:

Arbustos forrageiros, Produção animal, Sustentabilidade, Trópico.

Cómo citar este artículo: JERALDYN ARGÜELLO-RANGEL, LILIANA MAHECHA-LEDESMA, JOAQUÍN ANGULO-ARIZALA. Desarrollo de novillas BON x Cebú en un silvopastoril de *Tithonia diversifolia*, en Antioquia, Colombia. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,18(2),2020.48-59, DOI:http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(18)48-59

com idade média de $15,81 \pm 2,05$ meses e $183,95 \pm 33,45$ kg de peso, em dois tratamentos, em monocultivo de *Urochloa brizantha* cv. Toledo e *Urochloa humidicola*, e o silvipastoril com *Tithonia diversifolia*. A massa de matéria seca e o consumo de matéria seca foi estimada, Da mesma forma, avaliação do peso, ganho de peso, altura ao garrote, perímetro torácico e comprimento do corpo em cada tratamento, durante duas rotações. Diferenças significativas foram encontradas a favor do sistema silvipastoril para a massa de matéria seca, o ganho de peso, o peso e a altura ao garrote apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Concluiu-se os sistemas silvipastoris são uma alternativa para melhorar a produção de forragem e, conseqüentemente, o desempenho de novilhas.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en Colombia posee un esquema de producción en el que generalmente los sistemas de pastoreo hacen uso de grandes áreas con un mínimo o nulo manejo rotacional de las praderas, recurriendo a la deforestación como solución para ampliar el área en pasturas. Debido a esto, el área destinada a la ganadería supera la vocación de uso de suelo recomendada, que es del 13,3% del territorio nacional (15.184.586,48 ha) [1], ocupando en pastos, forrajes, arvenses y rastrojos 33,9 millones de hectáreas [2]. Además, este tipo de manejo ha generado degradación de los suelos, contaminación de cuerpos de agua y pérdida de biodiversidad [3].

La producción de carne (cría, levante, ceba) bovina se localiza principalmente en las zonas de trópico bajo (0 a 1000 msnm), donde suele haber falencias en la alimentación por la baja relación energía: proteína de las pasturas predominantes y la baja disponibilidad de forrajes, acentuada por la intensidad y erraticidad de sequías y lluvias asociadas al cambio climático [4, 5]. Si bien es cierto, el componente racial hace parte de los elementos determinantes del desarrollo productivo y reproductivo de los bovinos, los factores ambientales, nutricionales y de manejo, tienen un alto grado de influencia [6]. Por tanto, la alteración en cualquiera de estos aspectos repercute a nivel fisiológico y metabólico y, por ende, en la reproducción, desarrollo, salud y rendimiento de los animales [7]. Una de las etapas más influenciada por estos factores es la pubertad, que se conoce como el momento en que una novilla es capaz de expresar un ciclo estral acompañado de un cuerpo lúteo funcional [8].

Para que una novilla alcance la pubertad, es necesario que el eje hipotálamo-hipófisis-ovario sea capaz de generar ondas de FSH y LH que estimulen el reclutamiento, selección y dominancia de un folículo ovárico [9]. La maduración del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, se ha relacionado con factores como la raza, la edad y la nutrición [10]. En condiciones ideales de alimentación, manejo y sanidad, las razas *Bos indicus* se caracterizan por presentar mayores edades a la pubertad (397-426 días) con relación a las razas *Bos taurus* (347-355 días) [9]. Sin embargo, en las regiones tropicales de baja altitud, en donde predominan las razas *Bos indicus*, la edad a la pubertad puede retrasarse, debido, principalmente, a la baja calidad de la oferta forrajera [7].

Se considera que una novilla alcanza la pubertad cuando tiene el 55 a 60% de su peso adulto según la raza. Esto se debe a que el peso está relacionado con una buena condición corporal y, esta a su vez, con el almacenamiento de tejido adiposo del animal. Uno de los principales reguladores de la función reproductiva a nivel del eje hipotálamo-hipófisis es la leptina, que es secretada por el tejido adiposo. Por tanto, una baja condición corporal conlleva a concentraciones séricas insuficientes de leptina, para estimular la activación de la secreción de GnRH en el hipotálamo, ocasionando la inhibición de la función reproductiva en novillas [8, 10, 11].

Por consiguiente, la dieta es un factor determinante en el desarrollo productivo y reproductivo de las novillas, lo que plantea la necesidad de abordar estrategias de producción de forraje que favorezcan un mejor desarrollo corporal, peso y ganancia de peso [6, 12]. Una de las alternativas para mejorar la oferta forrajera en las ganaderías es el establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP) para ramoneo directo, los cuales consisten en arreglos espaciales en potrero, que combinan arbustivas forrajeras, pasturas y árboles para sombra, contribuyendo a mejorar la producción de biomasa y la oferta nutricional y con un impacto favorable sobre el ambiente y el bienestar animal [13, 15].

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un sistema silvopastoril para ramoneo directo, de botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl A. Gray), pasto toledo (*Urochloa brizantha* cv. Toledo) asociado a pasto dulce (*Urochloa humidicola*) y árboles para sombra, sobre los parámetros productivos de novillas Blanco Orejinegro (BON) x Cebú.

MÉTODO

Este estudio se realizó en la Hacienda La Candalaria ubicada en el municipio de Caucasia-Antioquia, a 08°01'49"N y 75°13'03"O, con una temperatura promedio de 26 ° C, altura sobre el nivel del mar de 50 msnm, precipitación promedio anual de 2100 mm, 75% de humedad relativa, y topografía 15% plana y 85% terreno ondulado. 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.

Características de los animales

Se seleccionaron 24 novillas BON x Cebú, con edades entre los 13,76 y 17,86 meses de edad, y peso entre 150,5 y 217,4 kg. Los animales se encontraban en buen estado de salud y provenían de un sistema de pastoreo tipo extensivo en pasturas como *Urochloa humidicola*, *Andropogon gayanus*, y *Leersia hexandra*. Las 24 novillas fueron distribuidas aleatoriamente entre dos tratamientos, correspondientes a dos sistemas de pastoreo: un monocultivo (MONO) y un sistema silvopastoril (SSP).

Características de los sistemas de pastoreo

En cuanto al monocultivo (tratamiento control), consistió en un área de 1,5 ha, en la que se sembró pasto toledo a 8,0 kg/ha en zonas con bajo nivel freático, y se conservó el pasto humidicola en las áreas con alto nivel freático. Respecto al tratamiento experimental, se estableció un SSP de 1,3 ha, en el cual se sembró pasto toledo (8,0 kg/ha) para zonas con bajo nivel freático, y se conservó el pasto humidicola ya existente en zonas con alto nivel freático. Como arbustiva para ramoneo directo, se estableció botón de oro por semilla sexual. Si bien es cierto, se reporta usar para la siembra de botón de oro 5,0 kg de semilla sexual por hectárea en trópico alto [16], en este estudio, debido a que se trabajó en suelos erosionados, compactados y de acuerdo al análisis de suelos de la finca, con baja materia orgánica (1,6%), alta saturación de aluminio (46,9%) y pH ácido (4,67), se consideró pertinente usar una mayor cantidad de semilla. Por lo anterior, se utilizaron 7 kg de semilla sexual/ha mezclados previamente con gallinaza, a razón de 10 kg de gallinaza por kg de semilla de botón de oro. La siembra, se hizo directamente en campo a

menos de 2 cm de profundidad, tapando ligeramente con tierra y pasto seco, previo trazado del terreno, el cual fue subdividido en 16 franjas, en cada una de las cuales se establecieron 2 surcos de botón de oro a una distancia de 5 m entre ellos y de 20 cm entre plantas.

Respecto a los árboles dispersos en el potrero, se identificaron 42, correspondientes a las especies *Cassia grandis*, *Xylopia aromatica*, *Chrysophyllum cainito*, *Albizia carbonaria britton*, *Enterolobium cyclocarpum*, y *Gmelina arborea*. Además de los árboles para sombra mencionados, se establecieron árboles de totumo (*Crescentia cujete*) por semilla sexual, y de matarratón (*Gliricidia sepium*) con estacas de 2,5 m de largo, para un total de 199 árboles dispersos (153/ha) en el área de estudio.

Manejo de los sistemas de pastoreo

Previo al inicio de los pastoreos, se hizo un corte de uniformización de la pastura de cada sistema (30 días de edad) y del botón de oro (60 días de edad) del sistema silvopastoril. La pastura se cortó con guadaña y, al botón de oro, se le realizó un corte en bisel a 1 m de altura. Cada área fue manejada a través de un sistema de rotación por franjas con cinta eléctrica, con 16 franjas por sistema, teniendo en cuenta 2 días de ocupación y 30 días de descanso por franja. En el sistema silvopastoril (SSP), se dejó disponible un surco de botón de oro por pastoreo, con el fin de dar un tiempo de descanso de 60 días a la arbustiva.

Variables evaluadas

A continuación, se describe la metodología aplicada a cada una de las variables evaluadas. Respecto al análisis de los datos, estos fueron procesados en el software estadístico R Project versión 3.6.0.

Composición nutricional de las especies usadas en el estudio. Se realizó evaluación de la composición nutricional (contenido de MS, PC, FDN, y FDA) de las pasturas (toledo y humidicola) de cada tratamiento (SSP y MONO) a 30 días de edad, y del del botón de oro del SSP a los 60 días de edad. Se tomaron muestras de 500 g de forraje verde de cada especie en los sistemas de pastoreo evaluados, las cuales fueron secadas en horno con ventilación forzada durante 16 h a 70°C, posteriormente se molieron con un molino tipo ciclón con malla de 1 mm. Los análisis se realizaron por es-

pectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia (cuadro 1).

Producción de forraje verde (PFV) y materia seca (PMS) (kg/m²). Para el caso del forraje verde de las pasturas en ambos tratamientos, se hicieron aforos usando la técnica de doble muestreo [17], y en cuanto al SSP, se tuvo en cuenta también el estrato de las arbustivas, al cual se le aplicó la técnica de doble muestreo adaptada [18]. La estimación de forraje verde por m², tanto para las pasturas como para el botón de oro se hizo mediante un análisis de regresión lineal. Por su parte, la producción de materia seca (MS) se calculó considerando el % MS reportado por el análisis de composición nutricional para cada especie. Los datos fueron analizados a través de una prueba de T de dos vías para varianzas desiguales.

Consumo de materia seca por animal/día (CMS kg/animal/día). La evaluación de consumo se realizó a partir de aforos de entrada y salida en cada franja en ambos tratamientos. Para establecer la cantidad de forraje ofertada a los animales y el excedente después del pastoreo en cada franja, se pesó con báscula digital y, a partir de dichos datos, se calculó la diferencia entre entrada y salida, asumiendo que dicha diferencia correspondía al valor consumido por el grupo de animales de cada sistema. Posteriormente, a partir del consumo grupal se estimó un promedio de consumo individual de acuerdo con el número de animales en pastoreo en cada tratamiento. Para el cálculo en el SSP, se realizaron aforos de entrada y salida tanto a las pasturas como al botón de oro, y se sumaron dichos valores para obtener el consumo total. Para el análisis de los valores de consumo estimados, se hizo estadística descriptiva, calculando la media del consumo, desviación estándar y el coeficiente de variación.

Desarrollo productivo. Se usó un diseño experimental completamente aleatorizado con mediciones repetidas en el tiempo, donde entre el tratamiento control (MONO), y el tratamiento experimental (SSP) se distribuyeron aleatoriamente 24 novillas BON x Cebú con una edad promedio de 15,81 ± 2,05 meses y 183,95 ± 33,45 kg de peso. Los animales fueron sometidos a un pastoreo de adaptación de 32 días, previo a los periodos de evaluación. Los periodos de evaluación fueron dos pastoreos de 32 días cada uno, con dos días de ocupación y 30 días de descanso por franja. En el primer pastoreo de evaluación se

Cuadro 1. Características nutricionales de las especies usadas en los sistemas de pastoreo evaluados.

Variable	Monocultivo		Sistema silvopastoril		
	<i>U. brizantha</i>	<i>U. humidicola</i>	<i>U. brizantha</i>	<i>U. humidicola</i>	<i>T. diversifolia</i>
MS (%)	27,1	19,8	25,4	21,5	15,3
PC (%)	9,0	8,3	8,0	7,4	27,4
FDN (%)	69,4	67,1	68,0	68,0	32,7
FDA (%)	37,3	39,3	37,2	39,0	20,7

evaluaron 12 animales por tratamiento. Sin embargo, para el segundo pastoreo, se redujeron los animales a ocho por cada uno debido a que, de acuerdo con los aforos, bajó la producción de forraje por m² en el monocultivo, debido a que este pastoreo coincidió con un periodo de baja precipitación (época seca). Por tal motivo, las variables fueron analizadas bajo un modelo desbalanceado. Durante los pastoreos, se evaluó el peso, la ganancia de peso, y las mediciones bovinométricas de altura a la cruz (AC), perímetro torácico (PT) y longitud corporal (LC).

En cuanto a la variable peso (kg/animal), se utilizó báscula mecánica para los respectivos pesajes y las ganancias de peso (kg/animal/día) se obtuvieron a partir de las mediciones periódicas de éste. Las mediciones bovinométricas (altura a la cruz, perímetro torácico, longitud corporal) se realizaron con cinta métrica, y tanto estas variables como el peso, fueron evaluadas antes de iniciar el ensayo y durante los dos pastoreos.

Los datos de cada variable fueron evaluados a través de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey, según un modelo lineal mixto procesado con el paquete nlme del software R Project, de acuerdo al 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; μ = media general; β_i = Efecto fijo del i-ésimo tratamiento (MONO y SSP); α_j = Efecto fijo del j-ésimo pastoreo; γ_k = Efecto aleatorio del k-ésimo animal; $\alpha\beta_{ij}$ = Efecto fijo del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo pastoreo; $\alpha\gamma_{jk}$ = Efecto aleatorio del k-ésimo animal en el j-ésimo pastoreo; δ_l = co-variable; e_{ijkl} = error experimental. La co-variable para

el peso y la ganancia de peso, fue el peso inicial, y para las mediciones bovinométricas, se usó la medición inicial de cada una.

RESULTADOS

Calidad nutricional de los sistemas de pastoreo

Las características nutricionales encontradas en el MONO y el SSP se presentan en el cuadro 1. Los porcentajes de MS, PC, FDN, FDA y lignina de las pasturas en ambos tratamientos, estuvieron en el mismo rango y son similares con los contenidos de MS reportados para otras pasturas de trópico bajo, como el pasto estrella (22,36%) (*Cynodon plectostachyus*) y pasto guinea (19,92%) (*Megathyrus maximus*) [19].

En cuanto al porcentaje de PC, aunque entre tratamientos el valor de PC de las pasturas estuvo en el mismo rango (7-9%), el SSP tuvo un mayor aporte proteico con respecto al MONO. Esto se debió a la inclusión del estrato arbustivo en este sistema de pastoreo, donde el botón de oro presentó un contenido de PC de 27,4%. Los valores hallados de PC para las pasturas fueron superiores a los reportados para un sistema establecido en suelos ácidos y baja fertilidad de la Amazonía colombiana con 6,13% de PC para *U. humidicola* y 7,61% para *U. brizantha* [20], pero inferiores con relación a un SSP en México, que reporta para *U. brizantha* un porcentaje de PC entre 11,2 y 11,8% [21].

Con relación al contenido de fibra, las fracciones de FDN (68-69,5%) y FDA (37-37,5%) para el pasto toledo, fueron menores en este estudio, comparado con lo reportado para los porcentajes de FDN (73,8-74,5%) y FDA (41,3-43,7%) en un estudio donde se comparaba el desarrollo de novillas en un monocultivo de pasto toledo y un sistema silvopastoril de pasto toledo y *Cratylia argentea* [21]. Otra investigación, reporta para el pasto toledo, un valor de 80,8% de FDN, 55,8% de FDA y una digestibilidad del 48,1%, mientras que para el *humidicola*, 69,5% de FDN, 42,4% de FDA y una digestibilidad del 51,9% [20]. Comparando estos datos con los del presente estudio, el pasto toledo tuvo valores inferiores de las fracciones de FDN y FDA en ambos sistemas, en tanto que el pasto *humidicola* tuvo un porcentaje de FDN (67-68%) similar y un porcentaje de FDA (39-39,5%) menor con relación al valor mencionado para esta fracción por el mismo autor. Con relación

al contenido de fibra, la FDN se ha asociado con una reducción en el consumo, debido al efecto de llenado a nivel ruminal y la FDA con la digestibilidad, por lo que, valores elevados de FDA, se han relacionado con una disminución en la digestibilidad, debido a que esta fracción está conformada por celulosa y lignina, que son altamente indigestibles [13, 22-25]

En lo que concierne al botón de oro, el porcentaje de MS (15,3%) fue mayor comparado con reportes en trópico alto [16], donde se han hallado contenidos de MS entre 12,45% y 12,74%. Sin embargo, con relación a trópico bajo (18,2-19,7% según la época) el contenido de MS fue inferior [26]. El porcentaje de MS puede ser muy variable en el botón de oro y puede deberse a diversos factores como la edad del cultivo, época del año, el manejo agronómico, la asociación con otras especies forrajeras y la altura sobre el nivel del mar [16].

En cuanto a la proteína cruda del botón de oro (24,7%), fue mayor comparada con lo reportado en trópico alto (12,76-14,10%) [16] y cercana a lo reportado en trópico bajo (27,4-28,7%) [26], lo que resulta relevante teniendo en cuenta las pobres condiciones edáficas del suelo en que se estableció el sistema silvopastoril. Esto podría sugerir que el botón de oro, es una especie con la capacidad no solo de adaptarse a suelos ácidos y de baja fertilidad, sino de expresar buenas características nutricionales [20, 27].

En cuanto a la fibra del botón de oro, los valores del presente estudio fueron de 32,7% para la FDN y 20,7% para la FDA, frente a reportes para trópico alto de 50,21-53,81% de FDN y 48,18-48,47% de FDA [16]. Y para trópico bajo de 25,2% de FDN y 23,5% de FDA [20]. Con relación a trópico alto, los valores encontrados en el presente estudio son más bajos, mientras que, con respecto a los valores reportados en trópico bajo, la FDN es más alta pero el FDA es está en un mismo rango.

La composición nutricional de los forrajes de un sistema de pastoreo que integra varios estratos (gramínea, arbustiva, arbórea) como el SSP evaluado, puede presentar contrastes en su contenido de proteína y fibra que favorecen la calidad de la dieta ofertada. En este caso, el contenido de PC del botón oro representó un aumento en la oferta total de proteína en la dieta, frente al monocultivo, cuya única fuente de proteína fue la gramínea. De igual modo ocurre con los contenidos de FDN y FDA, cuyo contenido total en la dieta se vio disminuido debido a que el botón

de oro tiene valores bajos comparados con las gramíneas evaluadas. Es precisamente por esta capacidad de expresar buenas características nutricionales, aun en pobres condiciones edáficas, que esta especie podría ser una alternativa para mejorar la calidad de la dieta en producciones bovinas con suelos ácidos, de baja fertilidad y/o degradados [3, 20, 28].

Producción de FV (forraje verde) y MS (materia seca) (kg/m²)

El SSP tuvo una producción de FV y MS superior al monocultivo (cuadro 2, $p \leq 0,05$), con una producción estimada de MS de 2,8 ton/ha, que resulta también superior a un reporte [21] donde para un primer pastoreo en un SSP de *U. brizantha* cv. Toledo y *Cratylia argentea* se obtuvo 1,9 ton/ha. Sin embargo, resulta inferior con relación al segundo pastoreo (3,6 ton/ha) y tercer pastoreo (4,08 ton/ha), de dicho estudio, en tanto que la producción de MS para el monocultivo del presente estudio fue mayor (2,4 ton/ha) con relación a los 3 pastoreos en el monocultivo de *U. brizantha* cv. Toledo del citado estudio (0,77, 0,946 y 1,39 ton/ha respectivamente).

Por otra parte, los valores del presente estudio son superiores tanto para el SSP como para el MONO, con respecto a un SSP intensivo de botón de oro (*T. diversifolia*), *Urochloa decumbens*, *U. brizantha* cv. Toledo, y *Urochloa humidicola*, donde se reportó una producción de 0,243 kg MS/m² (1,126 kg FV/m²) donde el 15% fue aportada por la arbustiva *T. diversifolia*, mientras que, para el monocultivo fue de 0,169 kg MS/m² (0,761 kg FV/m²) [20]. Así mismo, al estimar la carga animal con base en la producción de MS aprovechable/m², para un manejo rotacional como el dado a los sistemas de pastoreo en el presente estudio, en 1,0 ha en SSP se podría tener 4,16 UGG en época de lluvias, y 3,26 UGG en época seca, mientras que, en un monocultivo se podrían tener 3,73 UGG en época de lluvias y 2,78 UGG en época seca.

Consumo de materia seca por animal/día (CMS kg/animal/día)

Los cálculos del CMS mostraron valores similares entre tratamientos (cuadro 3). Sin embargo, al hacer la estimación del porcentaje consumido en MS con respecto al peso vivo (PV), es mayor para el SSP con un 2,85%, frente a un 2,57% para el MONO. Así mismo, la oferta total de MS/100 kg PV fue de 10,47 kg para el SSP y 10,33 kg para el MONO.

En un SSP en trópico húmedo mexicano, usaron pasto toledo junto con *Cratylia argentea* para ramoneo directo de novillas Holstein x Cebú entre 11 y 16 meses de edad, estimando una ingesta de MS por animal de 4,3 kg para el grupo en el SSP, mientras que en un monocultivo de pasto toledo fue de 4,09 kg. Sin embargo, en dicho estudio el contenido de MS consumido con respecto al PV fue mayor para el monocultivo con un 2,49% comparado con un 2,22% para el silvopastoril [21]. Por otra parte, en Brasil [29] evaluaron también el consumo en un SSP de *Urochloa decumbens* y *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão y un monocultivo de *U. decumbens*, en novillas Holstein x Cebú de 250 kg. En dicho estudio, hallaron que el consumo fue mayor en el SSP (2,1-2,4%) que en el monocultivo (2,0-2,2%), aunque, siendo más alto en ambos casos para la época de lluvias. Estos resultados podrían sugerir que la diversificación de la oferta forrajera de los sistemas silvopastoriles contribuye a mejorar la ingesta al aumentar el aporte de nutrientes de la dieta debido a la asociación de gramíneas con especies arbustivas que expresan alto nivel proteico y bajos niveles de FDN y FDA con respecto a las pasturas tropicales [22, 30].

En el cuadro 4 se presenta la oferta de MS y el CMS del SSP evaluado. La relación de CMS de pastura: botón de oro, estuvo en un 95,92: 4,07%, sin embargo, el porcentaje de consumo de botón de oro fue alto (96,10%), lo que podría indicar que la proporción de consumo con

Cuadro 2. Producción de forraje verde y materia seca por metro cuadrado, en los tratamientos evaluados (kg/m²).

Variable	MONO	SSP	p-value
FV	1,04 ^b ±0,08	1,19 ^a ± 0,05	5,43e-04
MS	0,24 ^b ±0,02	0,28 ^a ± 0,01	1,15e-06

MONO=Monocultivo; SSP=Sistema silvopastoril; FV= forraje verde; MS= Materia seca; diferentes letras en la fila, indican diferencias significativas $p \leq 0,05$.

respecto a la pastura estuvo influenciada por la oferta de botón de oro. Es decir, que pudo haber sido mayor el consumo de botón oro a una mayor densidad de la arbustiva en el área estudiada, pues en este caso la oferta de MS proveniente del botón de oro fue de 2,53 kg MS por cada 786,86 m², que es baja comparada con un sistema silvopastoril en trópico alto, donde se reportan 3,6 kg de MS por cada 375,9 m² [18], o con un SSP de alta densidad (4000 arbustos/ha) en trópico bajo, donde se obtuvo un promedio de disponibilidad de biomasa proveniente del botón de oro de un 15% [20].

Desarrollo productivo de las novillas

En cuanto al peso y la ganancia de peso (cuadro 5), hubo efecto para el tratamiento, el pastoreo y la interacción tratamiento x pastoreo. El promedio de peso al final del experimento fue de 219,75 ± 28,41 kg para el MONO, y de 217,25 ± 39,81 kg para el SSP. Sin embargo, la ganancia promedio de peso del experimento fue mayor para el SSP con 0,743 ± 0,37 kg/animal/día, mientras que en el MONO fue de 0,478 ± 0,21. Si bien, en el primer pastoreo, el MONO tuvo un mayor peso, cuando se relaciona con la ganancia de peso en dicho periodo, fue mayor para el SSP con 0,930 ± 0,38 kg/animal/día ($p \leq 0,05$), y en el segundo pastoreo, el SSP superó en peso y ganancia de

peso al MONO, por lo que, se podría considerar que las novillas del SSP tuvieron un mejor desempeño productivo que el MONO.

En lo que a desarrollo productivo se refiere, cabe resaltar que los animales evaluados presentaron un peso promedio inicial por debajo de los 200 kg, con una edad promedio de 15,81 ± 2,05 meses (13,76-17,86), lo que es muy inferior si se considera que en trópico bajo los animales son destetados en promedio a los 9 meses de edad con pesos que pueden oscilar entre 140 kg y 150 kg [19, 31]. Lo anterior, sugeriría que, por las condiciones de oferta y calidad forrajera del sitio de evaluación, debido a las pobres características de los suelos y al tipo de pasturas predominantes (*U. humidicola*, *Andropogon gayanus*, y gramas nativas como *Leersia hexandra*), hubo bajas ganancias de peso post-destete y, por ende, un atraso en el desarrollo de

Cuadro 3. Consumo de materia seca (MS) de las novillas en los tratamientos evaluados (kg/animal/día).

Tratamiento	Media	DE	CV
MONO	4,97	0,04	0,8
SSP	5	0,06	1,2

MONO=Monocultivo; SSP=Sistema silvopastoril; DE= Desviación estándar; CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 4. Oferta de materia seca (MS) por franja en el SSP.

Forraje	Densidad	OTMS/franja (kg)	CMS/animal (kg)	% Consumo	Relación (%) Pastura: Botón
Toledo+Humidicola/m ²	786,86 ± 86,87	220,02 ± 21,37	4,80 ± 0,13	53,39 ± 4,89	95,92
Botón de oro (arbustos)	60,93 ± 26,94	2,53 ± 1,12	0,20 ± 0,09	96,10 ± 1,01	4,07

OTMS= oferta total de materia seca; CMS= consumo de materia seca de forraje.

Cuadro 5. Desarrollo productivo de las novillas para el efecto tratamiento, y para la interacción tratamiento x pastoreo.

Variable	Tratamiento		Pastoreo 1		Pastoreo 2		p-value
	MONO	SSP	MONO	SSP	MONO	SSP	
Peso (kg)	219,75 ^a ±28,41	217,25 ^b ±39,81	209,75 ^c ±29,63	202,91 ^d ± 41,05	234,75 ^b ±19,84	238,75 ^a ± 27,81	0,0073
GDP (kg/animal/día)	0,478 ^b ±0,21	0,743 ^a ±0,37	0,561 ^b ±0,24	0,930 ^a ± 0,38	0,354 ^{cd} ±0,09	0,462 ^{cd} ± 0,05	0,0421
AC (cm)	114,95 ^a ±4,69	115,05 ^a ±5,58	113,83 ^{bcd} ±4,89	112,45 ^{bcd} ±5,44	116,62 ^{bcd} ±4,10	117,12 ^a ±5,46	0,0149
PT (cm)	150,9 ^a ±7,10	151,45 ^a ±14,63	148,33 ^a ±7,12	147,83 ^a ±15,24	154,75 ^a ±5,39	156,87 ^a ±12,66	0,7901
LC (cm)	129,2 ^a ±7,32	126,35 ^a ±9,95	127,08 ^a ±7,70	123,16 ^a ±10,34	132,37 ^a ±5,75	131,12 ^a ±7,58	0,9018

MONO=Monocultivo; SSP=Sistema silvopastoril; GDP= Ganancia de peso;

AC= Altura a la cruz; PTT= Perímetro torácico;

LC= Longitud corporal; diferentes letras en la fila diferencias indican diferencias significativas según la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$).

los animales, reflejado en el peso y las medidas bovinométricas halladas al inicio de este estudio.

Las ganancias de peso del presente trabajo fueron favorables para ambos tratamientos, aunque con valores promedio más altos entre tratamientos para el SSP (0,743 kg/animal/día), así como para el primer pastoreo (0,930 kg/animal/día). Los valores observados en este trabajo, se hallaron en un rango similar con relación al estudio en el que se evaluó un SSP de toledo y cratylia con un monocultivo de toledo (0,46-0,82 kg/animal/día) [21], Mientras que, con respecto a otros estudios, con reportes para el SSP de 0,29-0,72 kg/animal/día [32] y de 0,55-0,6 kg/animal/día [33], las ganancias de peso observadas fueron superiores. Los datos citados y los del presente estudio podrían indicar que el cambio en los esquemas de pastoreo, al integrar otros estratos que contribuyan nutricionalmente a la dieta, favorecen notablemente las ganancias de peso de los animales sin tener que recurrir a fuentes de suplementación externas al sistema de pastoreo.

En lo que concierne a las mediciones bovinométricas, en el presente estudio, sólo se hallaron diferencias significativas para la altura a la cruz, que tuvo un promedio por tratamiento de $115,05 \pm 5,58$ cm para el SSP y $114,95 \pm 4,69$ cm para el MONO, con efecto únicamente para la interacción tratamiento x pastoreo (cuadro 5). La AC favoreció al SSP en ambos pastoreos comparándolo con el MONO, mientras que para el PT ($151,45 \pm 14,63$ cm para el SSP, y $150,9 \pm 7,10$ cm para el MONO) y la LC ($126,35 \pm 9,95$ cm para el SSP, y $129,2 \pm 7,32$ cm para el MONO), no hubo diferencias significativas ni para el efecto del tratamiento, del pastoreo, ni de la interacción tratamiento x pastoreo.

Cabe anotar, que las mediciones bovinométricas han sido utilizadas en ganadería, con el fin de poder establecer criterios de selección relacionados con el desarrollo de los animales y el peso de los mismos [34]. Por lo anterior, medidas como la altura al sacro, el perímetro torácico, la longitud corporal, la amplitud de cadera, amplitud de isquiones, longitud del anca y circunferencia testicular (machos) han sido evaluadas en modelos de predicción del peso vivo del animal en diversas razas y esquemas productivos [35]. Los resultados hallados en esta investigación corresponden a animales con bajo peso y bajas medidas bovinométricas para la edad, lo que se podría explicar por el atraso que traían

estas novillas, debido al tipo de sistema en que estuvieron pastoreando en los meses posteriores al destete, con una oferta forrajera baja y de pobre calidad.

CONCLUSIONES

Este estudio revela la pertinencia de los SSP como alternativa para mejorar la productividad de las ganaderías, máxime si se considera que el modelo actual tipo extensivo en ganadería de carne va en detrimento no solo de los rendimientos económicos, sino de la sostenibilidad ambiental.

Así mismo, con un mínimo manejo agronómico y usando especies adaptables a suelos de baja fertilidad, se podría obtener una buena oferta forrajera y buenas ganancias de peso. Aunque se considera necesario tener en cuenta que, para evitar atrasos en el desarrollo de novillas, sería pertinente su pastoreo en un SSP para ramoneo directo desde el destete, esto podría favorecer no solo el desarrollo productivo sino reproductivo, que en este caso no fue posible evaluar, porque el diagnóstico inicial determinó que ya había un retraso en el desarrollo, el cual no podría ser compensado con el tiempo evaluado en el presente estudio, sino que requeriría de acciones más prolongadas.

De igual modo, es importante anotar que en animales que vienen de un manejo extensivo, se requiere un pastoreo completo de acostumbramiento previo a las evaluaciones productivas, dado que la reducción de su espacio de movilización y el uso de cinta eléctrica puede tener un efecto negativo sobre las ganancias de peso, debido a que las razas cebuinas y sus cruces con *Bos taurus* o con razas criollas como en este caso, podrían exhibir dificultades para adaptarse a espacios de pastoreo más reducidos, ya que no han sido manejadas bajo este esquema desde edades tempranas, tal como se pudo observar en el periodo de acostumbramiento implementado en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia, y al departamento de Formación Académica de Haciendas, por el apoyo logístico y financiero para el desarrollo del proyecto "Uso de arbustivas forrajeras en la cría y levante de ganado BON x Cebú en Caucasia, Antioquia". De igual forma, extienden sus agradeci-

mientos a la Cooperativa Colanta por el convenio de cooperación interinstitucional con la Universidad de Antioquia, que permitió el otorgamiento de becas a los mejores promedios de cada posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, y de las cuales resultó beneficiada la estudiante de Maestría del presente artículo.

REFERENCIAS

- [1] INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) Y UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (U.D.C.A). Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia. Bogotá (Colombia): 2015, 62 p.
- [2] COLOMBIA: DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Boletín Técnico [online]. 2017. Disponible: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/enda/ena/2017/boletin_ena_2017.pdf citado 10 de septiembre de 2019.
- [3] MAURICIO, R., SANDIN, R., MURGUEITIO, E., CHARÁ, J. and FLORES, M. Silvopastoral systems in Latin America for biodiversity, environmental, and socioeconomic improvements. In: *Agroecosystem Diversity*. Massachusetts (Estados Unidos): Elsevier, 2019, p. 287-297. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00018-2>
- [4] SOTELO, M., SUÁREZ, J., ÁLVAREZ, F., NUÑEZ, A., CALDERÓN, V. y ARANGO, J. Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico- Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?. 1 ed. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2017, 24 p.
- [5] DE OLIVEIRA, F., DETMANN, E., DE CAMPOS, S., BATISTA, E., DE ALMEIDA, R., MEDRADO, M. and RIBEIRO, A. Intake, digestibility, and rumen and metabolic characteristics of cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and different levels of starch. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(6), 2017, p. 797-803. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0629>
- [6] MAGESTE, D., MARCONDES, M., NAVAJAS, L., PEREIRA, L., MARTINS, L., CONTRERAS, D., CASTAÑO, F., VELEZ, F., CASTAÑO, J., FRANCO, C., SOTELO, D., DE MOURA, F. and FONSECA, M. Nutritional planning for Nellore heifers post-weaning to conception at 15 months of age : performance and nutritional , metabolic, and reproductive responses. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 2019, p. 79-87. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1662-z>
- [7] CALDERÓN, M., BOSA, L., YASNÓ, D. y SALDAÑA, L. Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical - Relationship nutrition-fertility in female cattle in tropical climate. *Revista electrónica de Veterinaria*, 18(9), 2017, p. 1-19. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009019.pdf>
- [8] LEA, R. and ENGLAND, G. Puberty and Seasonality. In: *Veterinary reproduction and obstetrics*. 10 ed. Amsterdam (Netherlands): Saunders Ltd., 2018, p. 54-62.
- [9] LARSON, R. and WHITE, B. Beef heifer development. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32, 2016, p. 285-302. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.003>
- [10] PERRY, G. Factors affecting puberty in replacement beef heifers. *Theriogenology*. 86, 2016, p. 373-378. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.051>
- [11] GUZMÁN, A., HERNÁNDEZ, C., ROSALES, A. and HERNÁNDEZ, J. Leptin regulates neuropeptides associated with food intake and GnRH secretion. *Annales d'Endocrinologie*, 80, 2019, p. 38-46. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ando.2018.07.012>
- [12] PARKINSON, T. Infertility in the Cow Due to Functional and Management Deficiencies. In: *Veterinary reproduction and obstetrics*. 10 ed. Amsterdam (Netherlands): Saunders Ltd., 2018, p. 361-407.
- [13] DE CASTRO, D., GUIMARÃES, R., VILELA, L., ALCANTARA G. and FERNANDES, A. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 266, 2018, p. 174-180. doi: <http://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.017>
- [14] ARGÜELLO, J., MAHECHA, L. and ANGULO, J. Fodder shrubs relevance in cattle systems of Colombian low altitude lands. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 2019, p. 899-915. doi: <http://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136>
- [15] MAHECHA, L., ANGULO, J. y BARRAGÁN, W. Calidad nutricional, dinámica fermentativa y producción de metano de arreglos silvopastoriles. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 2017, p. 371-387. doi: <http://doi.org/10.15517/ma.v28i2.22750>

- [16] GALLEGO, L., MAHECHA, L. y ANGULO, J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 2017, p. 213-222. doi: <http://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- [17] HAYDOCK, K. and SHAW, N. The Comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15, 1975, p. 663-670.
- [18] MEJÍA, E., MAHECHA, L. y ANGULO, J. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 2017, p. 38-46. doi: <http://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>
- [19] CUARTAS, C., NARANJO, J., TARAZONA, A., MURGUEITIO, E., CHARÁ, J., KU VERA, J., SOLORIO, F., FLORES, M., SOLORIO, B. and BARAHONA, R. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(2), 2014, p. 76-94.
- [20] RIVERA, J., CUARTAS, C., NARANJO, J., TAFUR, O., HURTADO, E., ARENAS, F., CHARÁ, J. y MURGUEITIO, E. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo. *Livestock Research for Rural Development* [online]. 2015. Disponible: <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html> citado 19 de septiembre de 2019.
- [21] VALLES DE LA MORA, B., CASTILLO, E., ALONSO, M., OCAÑA, E. and JARILLO, J. Live-weight gains of Holstein x Zebu heifers grazing a *Cratylia argentea* / Toledo-grass (*Brachiaria brizantha*) association in the Mexican humid tropics. *Agroforest Systems*, 91, 2017. doi: <http://doi.org/10.1007/s10457-016-9980-5>
- [22] DA SILVEIRA, L., SANTIAGO, R., SAVIAN, J., BERNDT, A., MOLETTA, J., PORFÍRIO-DA-SILVA, V., BAYER, C. and DE FACCIIO, P. Performance and methane emissions by beef heifer grazing in temperate pastures and in integrated crop-livestock systems: The effect of shade and nitrogen fertilization. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 253, 2018, p. 90-97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.009>
- [23] DA SILVA, L., PEREIRA, O., DA SILVA, T., VALADARES, S. and RIBEIRO, K. Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 2016, p. 22-33. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.008>
- [24] HIMANSHU, H., MURPHY, J., GRANT, J. and O'KIELY, P. Synergies from co-digesting grass or clover silages with cattle slurry in in vitro batch anaerobic digestion. *Renewable Energy*, 127, 2018, p. 474-480. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.086>
- [25] GAVIRIA, X., NARANJO, J., BOLÍVAR, D. y BARAHONA, R. Consumo y digestibilidad en novillos cebulnos en un sistema silvopastoril intensivo. *Archivos de Zootecnia*, 64(245), 2015, p. 21-27.
- [26] VERDECIA, D., RAMÍREZ, J., LEONARD, I., ÁLVAREZ, Y., BAZÁN, Y., BODAS, R., ANDRÉS, S., ÁLVAREZ, J., GIRÁLDEZ, F. y LÓPEZ, S. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Caucho. *Revista electrónica de Veterinaria*, 12(5), 2011, p. 1-13.
- [27] RUÍZ, T., ALONSO, J., FEBLES, G., GALINDO, J., SAVÓN, L., CHONGO, B., TORRES, V., MARTÍNEZ, Y., LA O, O., GUTIÉRREZ, D., CRESPO, G., CINO, D., SCULL, I. y GONZÁLEZ, J. *Tithonia diversifolia*: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 20(3), 2016, p. 63-82.
- [28] CASTAÑEDA, N., ÁLVAREZ, F., ARANGO, J., CHANCHY, L., GARCÍA, G., SÁNCHEZ, V., SOLARTE, A., SOTELO, M. y ZAPATA, C. Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles del Caquetá. 1 ed. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2016, 84 p.
- [29] PACIULLO, D., LOPES, F., MALAQUIAS, J., FILHO, A., RODRIGUEZ, N., MORENZ, M. e AROEIRA, L. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvopastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(11), 2009, p. 1528-1535.
- [30] MAHECHA, L. and ANGULO, J. Nutrient Management in Silvopastoral Systems for Economically and Environmentally Sustainable Cattle Production: A Case Study from Colombia. In: *Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management - A Global Perspective*. 1 ed. Rijeka (Croacia): InTech, 2012, p. 201-216. doi: <https://doi.org/10.5772/29476>
- [31] TAPASCO, J., MARTÍNEZ, J., CALDERÓN, S., ROMERO, G., ORDÓÑEZ, D., ÁLVAREZ, A., SÁNCHEZ, L. y LUDEÑA, C. Impactos económicos del cambio climático en Colombia: Sector ganadero [online]. 2015. Disponible: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7186/Impactos_economicos_cambio_climatico_Colombia_Sector_Ganadero.pdf?sequence=1 citado 21 de septiembre de 2019.

- [32] PACIULLO, D., TAVARES, C., MIRANDA, C., MARTINS, R., ÁVILA, M., MULLER, M. and FERREIRA, D. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. *Livestock Science*, 141, 2011, p. 166-172. doi: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.012>
- [33] VEGA, A., HERRERA, R., LAMELA, L., SANTANA A. y RODRÍGUEZ, G. Evaluación en Silvopastoreo y monocultivo de hembras Charolaise en crecimiento en el oriente cubano. *Revista Electronica de Veterinaria*, 14(2), 2013, p. 10-11.
- [34] LUKUYU, M., GIBSON, J., SAVAGE, D., DUNCAN, A., MUJIBI, F. and OKEYO, A. Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus*, 5(63), 2016, p. 1-14. doi: <http://doi.org/10.1186/s40064-016-1698-3>
- [35] VARGAS, S. y MANRIQUE, C. Relación de medidas bovinométricas y su proporcionalidad con el peso de animales Senepol en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 22(3), 2017, p. 6320-6333. doi: <http://doi.org/10.21897/rmvz.1136>