

Caracterización del pastizal y su manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá

Characterization of the pastureland and its management in a Voisin rational grazing system, in Panama

José Miguel Alejandro Domínguez-Escudero¹, Jesús Manuel Iglesias-Gómez² <https://orcid.org/0000-0002-9501-1938>, Yuseika Olivera-Castro² <https://orcid.org/0000-0002-5330-2390>, Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez² <https://orcid.org/0000-0001-8531-3425>, Odalys Caridad Toral Pérez² <https://orcid.org/0000-0002-5917-3948> e Hilda Beatriz Wencomo-Cárdenas² <https://orcid.org/0000-0002-1450-5611>

¹Productor investigador independiente, estudiante de la Maestría en Pastos y Forrajes, de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. ²Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba. Correo electrónico: iglesias@ihatuey.cu, yuseika@ihatuey.cu, mmilera@ihatuey.cu, otoral@ihatuey.cu, wencomo@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Caracterizar el pastizal y sus indicadores de manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en suelos de topografía ondulada a quebrada, en el trópico húmedo de Los Santos, Panamá.

Materiales y Métodos: Se evaluó un sistema de manejo intensivo con pastoreo racional Voisin, donde la rotación de los animales se proyectó a partir de la determinación de su punto óptimo de reposo. Se utilizaron 24 cuarterones, con 1,9 día de ocupación promedio. La carga efectiva, la intensidad de pastoreo, el nivel de oferta de forraje y la presión de pastoreo fueron los indicadores principales de manejo.

Resultados: La carga efectiva fue alta (3,63 UGM/ha como promedio) y mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) en el primer bimestre marzo-abril, con respecto a los demás. La intensidad de pastoreo promedio fue de 148 UGM/ha/día. El nivel de oferta de forraje mostró disponibilidades promedio de 27,8 kg de MS/animal/día. La cobertura de las poáceas dejó ver una tendencia ligera a disminuir, aunque se observó incremento sustancial de la cantidad de especies hacia el final de la evaluación. La presión de pastoreo promedio fue alta (5,56 kg de MS/100 kg de PV/día), al igual que el porcentaje de utilización del pasto (75,0 %). El punto óptimo de reposo promedio para todas las especies fue de 47 días.

Conclusiones: El manejo flexible del pastoreo racional Voisin, con la determinación del punto óptimo de reposo, en los cvs. Tanzania, Massai, Mulato II, Toledo y Llanero, produjo cambios en los indicadores de manejo, así como en la estabilidad de las especies vegetales del sistema.

Palabras clave: manejo de praderas, pastoreo rotacional, trópicos húmedos

Abstract

Objective: To characterize the pastureland and its management indicators in a Voisin rational grazing system, on undulating to cracked soils, in the humid tropic of Los Santos, Panama.

Materials and Methods: An intensive management system with Voisin rational grazing was evaluated, where the rotation of the animals was projected from the determination of its optimum resting point. Twenty four paddocks were used, with 1,9 days of average occupation. The effective stocking rate, grazing intensity, forage offer level and grazing pressure were the main management indicators.

Results: The effective stocking rate was high (3,63 LAU/ha as average) and showed significant differences ($p < 0,001$) in the first two-month period March-April, with regards to the others. The average grazing intensity was 148 LAU/ha/day. The forage offer level showed average availabilities of 27,8 kg DM/animal/day. The grass cover showed a slight trend to decrease, although substantial increase of the quantity of species was observed by the end of the evaluation. The average grazing pressure was high (5,56 kg DM/100 kg LW/day), just like the percentage of pastureland utilization (75,0 %). The average optimum resting time for all the species was 47 days.

Conclusions: The flexible management of Voisin rational grazing, with the determination of the optimum resting point, in cvs. Tanzania, Massai, Mulato II, Toledo and Llanero, produced changes in the management indicators, as well as in the stability of the plant species of the system.

Keywords: pastureland management, rotational grazing, humid tropics

Introducción

La producción bovina es una de las principales actividades económicas del sector agropecuario en Panamá, donde la superficie que se utiliza en la ganadería (1 537 328 ha) la ocupan en 15 % los pastos naturales, en 46 % los tradicionales y en 39 % los mejorados y bancos proteicos (INEC,

Recibido: 28 de octubre de 2021

Aceptado: 07 de junio de 2021

Como citar este artículo: Domínguez-Escudero, José Miguel Alejandro; Iglesias-Gómez, Jesús Manuel; Olivera-Castro, Yuseika; Milera-Rodríguez, Milagros de la Caridad; Toral Pérez, Odalys Caridad & Wencomo-Cárdenas, Hilda Beatriz. Caracterización del pastizal y su manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá. *Pastos y Forrajes*. 44:e19, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

2019). En estos sistemas, el pasto constituye la fuente principal de alimentación, que generalmente se aprovecha bajo sistemas extensivos de pastoreo (Carbutt *et al.*, 2017).

No obstante a lo anterior, en dichos sistemas se dificulta el manejo de especies mejoradas de forma racional e intensiva, y se conoce que, cuando los pastos se manejan de manera lógica y eficiente, las praderas tienden a regenerarse naturalmente, los índices productivos y reproductivos mejoran y el sistema ganadero empieza a generar servicios ecosistémicos, especialmente el secuestro de carbono (Stanley *et al.*, 2018).

Los sistemas intensivos de producción ganadera, diseñados sobre bases agroecológicas, como el pastoreo racional Voisin, también constituyen una posibilidad estratégica para mitigar las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (Milera-Rodríguez *et al.*, 2019). En estos sistemas se estimulan los ciclos naturales, no se aplican agrotóxicos y la utilización del pasto se realiza en el punto óptimo de reposo, cuando la planta posee los nutrientes requeridos para alimentar al ganado y, por tanto, maximiza la cosecha de materia orgánica por unidad de área y se maneja con la capacidad de carga en ese espacio (Domínguez-Escudero, 2019). También se incluye entre estas estrategias el uso de los sistemas silvopastoriles y la selección del biotipo animal adaptado (Marín-López *et al.*, 2020).

Son muchos los factores que actúan de manera interrelacionada e influyen en la productividad de las praderas (Pérez-Infante, 2013). Entre ellos se encuentran la intensidad de pastoreo (carga animal, presión de pastoreo, disponibilidad y oferta de pastos) y la frecuencia y el tiempo de pastoreo (edad de rebrote del pasto, época del año). Un manejo que no tenga en cuenta estos aspectos puede ocasionar reducciones considerables en los rendimientos y alterar la composición botánica y la persistencia de las plantas, lo que afecta, a su vez, la producción de forraje y la productividad de la explotación.

Existen resultados que combinan carga, presión de pastoreo y tiempo de estancia, con un enfoque tecnológico en el manejo racional de diferentes

gramíneas mejoradas y de su efecto en la estabilidad de la composición florística, la disponibilidad de materia seca, el reciclaje de nutrientes, la biota del suelo, la fitomasa subterránea, la disminución de las plagas y enfermedades y la producción animal (Milera-Rodríguez *et al.*, 2019).

A partir de estos antecedentes, se realizó esta investigación, con la finalidad de caracterizar el pastizal y los indicadores de manejo en pastoreo racional Voisin, en suelos de topografía ondulada a quebrada, en el trópico húmedo de Los Santos, Panamá.

Materiales y Métodos

Ubicación y duración del ensayo. La investigación se realizó en la finca Ganadera Pajonales, que se encuentra en el km 4,5 del corregimiento de Nuario, distrito Las Tablas, provincia Los Santos, República de Panamá, en las coordenadas UTM N 575584, W 831759, a una altitud de 484 msnm, con topografía de ondulada a quebrada. El área total de la finca es de 13,5 ha, 9,65 se dedican al pastoreo de ganado en un sistema de pastoreo racional Voisin, dividido en 40 cuarterones con cerca eléctrica. El ensayo se llevó a cabo entre abril de 2019 y febrero de 2020, en un área de 8,40 ha, dividida en 24 cuarterones, de 0,35 ha como promedio.

Suelo del área experimental. Los suelos de la finca son de color pardo amarillento, con textura franco arenosa (arena, 64 %; limo, 24 % y arcilla, 12 %). Presentan pH ligeramente ácido (5,6), con contenidos de materia orgánica de 3,78 %. Los resultados de su composición química, obtenidos en el Laboratorio de Fertilidad de Suelo, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (Villarreal, 2020), se muestran en la tabla 1.

Clima del área experimental. Durante el período de investigación, la precipitación fue de 1 491 mm (medida con un pluviómetro modelo Hellmann, instalado en el predio), con los mayores acumulados en septiembre y octubre. En los meses que coinciden con la etapa poco lluviosa, prácticamente no llovió (figura 1). La temperatura promedio fue de 26 °C, con mínima de 23 °C y máxima de 30 °C. La humedad relativa promedio fue de 74 %, con mínima de

Tabla 1. Características del suelo de la finca.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	MO	Mn	Fe	Zn	Cu
	mg/L		Cmol/kg			%	mg/L			
5,6	Traza	139,9	3,7	3,2	0,2	3,78	104,6	29,6	3,1	5,2
Poco ácido	Bajo	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Medio	Bajo	Medio

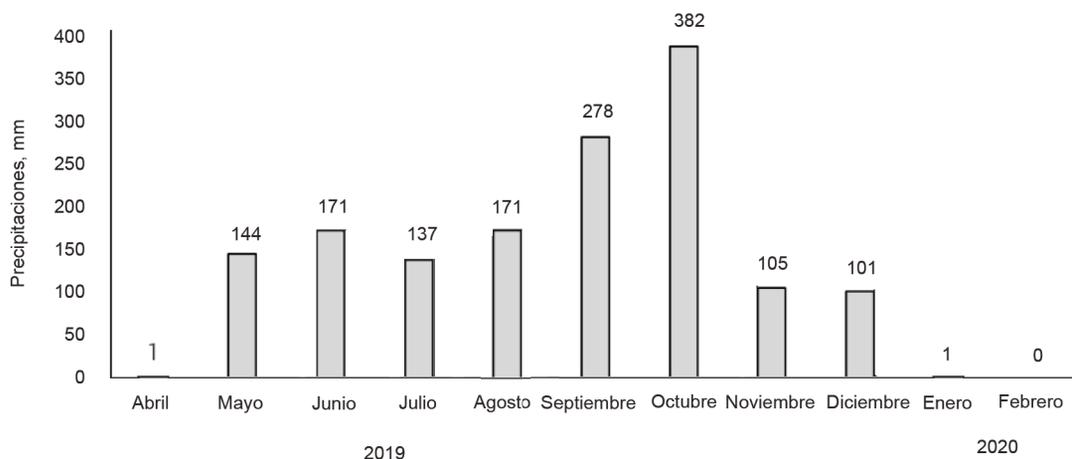


Figura 1. Dinámica de las precipitaciones durante el período de evaluación

63 % y máxima de 86 %. Estos indicadores se determinaron con un termómetro digital.

Caracterización del pastizal. Los pastos que se reproducen por semilla gámica se establecieron por el método de cero labranza, con una voleadora manual de semilla, a razón de 10-15 kg de semilla/ha, después de un pastoreo a fondo por parte de los animales, que llevó el pasto base a una altura de 8,0 cm del suelo, y la aplicación de herbicida glifosato 35,6 L al 1,5 %. Para las gramíneas estoloníferas *Cynodon dactylon* L. Pers cv. Alicia y *Digitaria didactyla* Willd, la siembra se realizó directamente en el campo, con coa, a 0,5 m entre plantas y surcos. La leguminosa *Arachis pintoi* Krapov & W. C. Greg también se estableció por estolones, en surcos realizados con azadón, a 1,0 m de distancia entre ellos, y a chorro continuo.

A los 120 días de sembradas se efectuó el pastoreo de establecimiento, cuando la mayoría de los pastos se encontraban en fase de espiga madura. La explotación empezó cuando los pastos comenzaron a alcanzar el punto óptimo de crecimiento, según la especie y el cuartón. No se aplicó fertilizante durante el establecimiento ni en el período de explotación.

Los pastos se manejaron bajo las leyes y fundamentos del pastoreo racional Voisin (Rúa-Franco, 2020). Según este método, los cuartones no se pastorearon en un orden cronológico, sino que se determinó el punto óptimo de reposo según lo recomendado por Pinheiro-Machado (2016), mediante recorridos semanales en el área de pastoreo. Los días de ocupación y descanso, así como la intensidad y la presión de

pastoreo, se manejaron de acuerdo con la disponibilidad del pasto y el tamaño del cuartón.

Animales. Se utilizaron 53 novillos Cebú y sus cruces F1 y F2 (Cebú x Holstein), divididos en dos grupos de ceba. El primer período de ceba, con 27 animales, comenzó en mayo, aunque los animales se fueron incorporando a la finca desde marzo hasta abril, y tuvieron un período de adaptación de 15-30 días, según la llegada de los diferentes lotes desde el mercado de subasta. El segundo grupo (26 animales) comenzó la incorporación entre el 15 y el 20 de octubre, con adaptación entre 10 y 15 días. El período de ceba comenzó el 1 de noviembre. Los pesos iniciales fueron de 369 y 401 kg para el primero y segundo grupo, respectivamente (tabla 2).

Mediciones y estimaciones. Se estimaron los indicadores carga efectiva, carga instantánea (UGM/ha), intensidad de pastoreo (UGM/ha/día), nivel de oferta de forraje (kg de MS/UGM/día), presión de pastoreo (kg de MS/100 kg PV), número de rotaciones, tiempo de ocupación y reposo de los cuartones (días). También se estimó el punto óptimo de reposo en días. En los pastos se midió la altura (cm) a la entrada y a la salida del cuartón, con cinta métrica graduada, a razón de 30 observaciones por cuartón. La disponibilidad (kg de MS/ha/rotación) se estimó antes de la entrada de los animales a los cuartones, a partir del método ágil de Martínez *et al.* (1990), con altura de corte de 20,0 y de 10,0 cm en las erectas y rastreras, respectivamente. La frecuencia de especies presentes, así como su cobertura, se estimaron al inicio del experimento y al final de cada época (tres veces). La primera vez se procedió

Tabla 2. Cantidad de grupos de animales evaluados en la ceba en pastoreo.

Grupo	Cantidad de animales	Peso vivo inicial	Duración del período, días
1	27	369,0	150
2	26	401,0	79

por el método de los pasos (EPPFIH, 1980) y la segunda, según la metodología de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, descrita por Machado *et al.* (1999).

Análisis estadístico. Los datos se registraron en tablas y se ingresaron en Microsoft Excel para su análisis. Se agruparon por bimestres, para una mejor comprensión de la dinámica del manejo de los pastos y los animales en la finca. Se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple, después de haber verificado si cumplían con los supuestos de homogeneidad de la varianza por la dócima de *Levene* y la normalidad de los errores mediante la prueba de *Shapiro* y *Wilk*. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se usó la prueba de comparación múltiple de Duncan, con 95 % de confianza. Para la composición florística, se realizó un análisis de la distribución de frecuencia. Se utilizó el paquete estadístico IBM® SPSS® Statistics, versión 22.

Resultados y Discusión

Cobertura y dinámica de las especies bajo manejo en pastoreo racional Voisin. Se identificaron 61 familias, con 205 especies (tabla 3). De estas, las más importantes, por su representación en los potreros y por su posible aporte a la dieta animal, fueron las Poaceae (32 especies, con 43 variedades y cultivares), Fabaceae (26, que incluyó 10 arbóreas), Asteraceae (16) y Cyperaceae (9).

Entre las poáceas, los géneros más representativos (%) fueron *Megathyrsus* (36,3), *Urochloa* (33,7), *Paspalum* (9,3), *Homolepis* (5,5) y *Digitaria* (3,9).

Entre las fabáceas, *Arachis* (25,7), *Desmodium* (21,0), *Mimosa* (18,2), *Calopogonium* (8,2) y *Gliricidia* (4,7) resultaron los más importantes.

Entre las poáceas, las especies predominantes en el sistema fueron *C. dactylon*, *D. didactyla* Willd cv. Swazi, *Urochloa arrecta* Morrone & Zuloaga cv. Tanner, *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs x *Megathyrsus infestus* (Andersson) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Massai, *M. maximus* cv. Tanzania, *Urochloa híbrido* (*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C.M. Evrard) Crins x *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster) cv. Mulato II, *U. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster cv. Toledo y *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga, cv. Llanero.

Estos datos coinciden con lo informado por Oliva *et al.* (2019) en pastos naturales, donde la familia dominante fue Poaceae, en sistemas de monocultivo como en silvopastoriles. A su vez, esto coincide con lo encontrado por Gandullo *et al.* (2013) en Argentina, y con lo informado por Ramírez-Tixe (2013) en Ecuador. Milera-Rodríguez y Machado-Castro (2016) en un sistema de pastoreo racional intensivo identificaron 75 especies de varias familias de plantas, entre ellas 32 poáceas, 21 fabáceas y 22 arvenses. Machado (2002), en un sistema de pastoreo racional basado en *A. gayanus* CIAT-621, con cobertura de 77,2 %, identificó 53 especies: 25 poáceas, 16 fabáceas y 12 arvenses. En estudios realizados por Alonso-Amaro *et al.* (2019) en sistemas silvopastoriles con cuatro variedades de *Leucaena leucocephala*, en pastos naturalizados y mejorados,

Tabla 3. Número y cobertura de especies presentes en el área de pastoreo.

Agrupaciones	Final seca marzo-abril	Inicio lluvia mayo-junio	Inicio seca noviembre-diciembre
Poáceas			
Número de variedades	29	36	43
Área cubierta, %	88	85	81
Fabáceas			
Número de especies	9	23	25
Área cubierta, %	9	13	16
Arvenses			
Número de especies	13	62	71
Área cubierta, %	3	3	3

se identificaron 38 especies, pertenecientes a 21 familias, donde *Megathyrus*, *Cynodon*, y *Digitaria* resultaron las poáceas más importantes. Entre las arvenses, sobresalieron *Mimosa pudica* L. y *Sida rhombifolia* L.

Villalba *et al.* (2014) señalan que uno de los beneficios ecológicos del pastoreo racional Voisin es que se pueden manejar diversidad de plantas de distintas formas biológicas (hierbas, arbustos, bejucos, lianas, árboles). Esto fomenta la biodiversidad, mejora la calidad de la dieta y la salud del ganado, por lo que se amplía la disponibilidad temporal de forraje.

Entre las 76 especies de árboles y arbustos diseminados en los potreros predominaron el roble [*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., 103 individuos], el almácigo [*Bursera simaruba* (L.) Sarg., 70], el nance [*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, 40] y el guácimo [*Guazuma ulmifolia* Lam., 40]. La presencia de árboles y arbustos leguminosos de ramoneo fue pobre, lo que limita aprovechar sus ventajas, que tienen que ver con la fijación de nitrógeno y el secuestro de carbono (Sotelo-Cabrera *et al.*, 2017), con la mejora en la calidad de la dieta animal (López-Vigoa *et al.*, 2017) y, por ende, con la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (Faurès *et al.*, 2013). No obstante, se encontró aceptable diversidad de árboles y arbustos (904 individuos; 107,6/ha) con diferentes usos (frutos, madera, postes vivos, leña, sombra, etc.), lo que permite intensificar las interacciones y la integración del complejo suelo-árbol-gramínea-animal, orientadas a mejorar la alimentación y productividad animal, así como el impacto económico, social y medioambiental de la finca (Iglesias *et al.*, 2017).

Hubo ligera tendencia a disminuir la cobertura de las poáceas (tabla 3), aunque se observó incremento sustancial de la cantidad de especies al final de la evaluación (43 especies), con la aparición de los géneros *Andropogon*, *Axonopus*, *Cenchrus*, *Cynodon*, *Digitaria*, entre otros.

La disminución de la cobertura se produjo, principalmente, en los pastos naturales, que fueron dominados de manera paulatina por las leguminosas. Pasaron de 9,0 de cobertura a 16,0 %, con los mayores porcentajes en los géneros *Arachis*, *Desmodium* y *Gliricidia*.

Se puede catalogar de relevante el incremento de especies arvenses, de las que se registraron 71 al final de la evaluación, aunque los porcentajes de cobertura en el pastoreo fueron bajos y estables (3,0 %).

En el componente herbáceo, la presencia de plantas arvenses (además de poáceas y fabáceas volubles, fundamentalmente) que interactúan con

el componente arbóreo (árboles y arbustos forrajeros, frutales, maderables, y otros) y con los animales (Murgueitio *et al.*, 2016; Sisa-Benavides, 2017) desempeña una función clave en la red trófica de agroecosistemas complejos, ya que interaccionan directa o indirectamente con otros componentes, y ofrecen un espectro amplio de funciones ecológicas y agronómicas, entre las que se encuentran la polinización y la regulación de plagas, al servir de refugio a los agentes de control naturales y biológicos. En el manejo del pastoreo racional Voisin se consideran indicadores o evidencia de la vida del suelo, o como consecuencia de un manejo inadecuado del pastizal, cuando el animal no las consume o pisotea (Pinheiro-Machado, 2011).

De las 43 poáceas identificadas al final de la evaluación, 26 (60 %) correspondieron a especies de pastos introducidas. Entre las fabáceas rastreras, de 26 se registraron dos (7,7 %), lo que equivale a pastos de mediana a buena calidad para el ganado, y es muestra de la eficacia del manejo mediante el pastoreo racional, a pesar de que las intensidades de pastoreo no fueron tan altas, y de que se logró optimizar la producción animal como vegetal (Justo, 2015). De esta forma, las poáceas y fabáceas mejoradas encontraron condiciones favorables para su desarrollo, y expresaron estabilidad en el tiempo, lo que desplazó la presencia de poáceas naturales y contuvo el desarrollo de las plantas no deseadas (Benvenuti y Cangiano, 2011; Cangiano y Brizuela, 2011). La posibilidad que tienen los animales de pastorear a mayor profundidad en el pastoreo racional Voisin, sin seleccionar los mejores pastos (Rúa-Franco, 2020), originó que la mayoría de las especies iniciaran su proceso de rebrote al mismo tiempo, y que sobresalieran solo aquellas que tuvieron un proceso fotosintético más eficiente, debido a su adaptación a las condiciones edafoclimáticas (Pinheiro-Machado, 2016).

Resultados similares lograron Ojeda-Falcón y Domínguez-Quintero (2020) en un sistema de pastoreo racional Voisin con poáceas de *Urochloa* introducidas (Toledo y Ruziziensis), donde la cobertura inicial de las poáceas fue de 93,6 % y finalizó con 91,6 %. Las fabáceas iniciaron con cobertura de 2,3 % y finalizaron con 5,6 %. En el caso de las arvenses, comenzaron con 4,2 % y concluyeron con 2,8 %.

Milera-Rodríguez y Machado-Castro (2016) en un pastoreo racional intensivo durante tres años encontraron que, de un total de 32 especies de poáceas identificadas, 23 se contabilizaron al

inicio, y 25 al final. Mientras, en las fabáceas, de 21 especies identificadas, 11 estaban presentes al comienzo y 14 al final del período experimental. En la clasificación de otras familias (arvenses), de 22 existentes, se registraron 15 al inicio, y cinco al final.

Los datos que se presentan aquí son preliminares. Abarcan solo un año, por lo que no se puede llegar a conclusiones finales acerca de la evolución y persistencia del pastizal, aspectos que se deben medir a largo plazo, ya que dependen de los factores intensidad de manejo, condiciones climáticas, evolución del suelo, incidencia de plagas y enfermedades, entre otros (Villalobos-Villalobos y WingChing-Jones, 2019).

Muller-Stover *et al.* (2012) plantearon que mientras más duraderos son los pastizales, mayores serán los beneficios ambientales que generan, como el incremento de la materia orgánica del suelo y la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. También se obtienen beneficios económicos, a corto y largo plazo, pues se reducen los costos relacionados con resiembras y rehabilitaciones.

Indicadores del manejo. En la tabla 4 se observa el efecto del manejo del pastoreo rotacional Voisin en las principales especies estudiadas. El porcentaje de utilización del pasto fue alto (75,0 % como promedio), y no mostró diferencias significativas entre las especies estudiadas, lo que estuvo en concordancia con el tiempo de ocupación de los cuarterones (entre 1,7 y 2,3 días) y el pastoreo profundo que los animales realizaron (se estimó que pastaron un horizonte de una profundidad que varió entre 41,0 y 67,0 cm). Esto indica que la intensidad de pastoreo fue bastante acertada, y que el consumo debió ser alto, a pesar de que el material residual también lo fue, ya que la altura del pasto a la salida de los animales de los cuarterones varió entre 19,0 y 37,0 cm, con diferencias entre las diferentes variedades ($p < 0,001$).

Carvalho *et al.* (2010) plantean que la intensidad de pastoreo tiene una influencia directa en el rendimiento y la altura del pastizal. Se describe como el mayor factor biótico que afecta la cantidad y la calidad del pasto disponible en un ambiente pastoril y, consecuentemente, influye en el consumo por animal y por área. Pinheiro-Machado (2016) esbozó la ley del puño, la cual refiere que el remanente del pasto después del pastoreo debe ser igual a la altura de un puño (10 cm). En tanto, en las plantas rizomatosas y en las estoloníferas, el pastoreo es siempre rasante. Otras plantas tienen sus yemas o meristemas de rebrote en las partes aéreas solamente, situación en la que el remanente debe ser lo suficientemente alto como para atender la morfología específica.

El número de rotaciones fue alto en los cvs. del género *Megathyrsus* (Tanzania y Massai), aunque no difirieron del cv. Mulato II, pero sí de Toledo y Llanero. Estos resultados son similares a los informados por Milera-Rodríguez y Martínez (2016) en *Megathyrsus* cv. Likoni, con 6,2 rotaciones por año.

En cuanto al punto óptimo de reposo, hubo diferencias significativas entre las especies ($p < 0,05$). Los cultivares del género *Megathyrsus* (Massai y Tanzania) presentaron un período de recuperación ligeramente superior, y el cv. Massai difirió de los cultivares del género *Urochloa* (Mulato, Toledo y Llanero). En un estudio realizado por Hernández *et al.* (2011), el cv. Likoni (*Megathyrsus*) mostró alta proporción de raíces finas o raicillas ($< 0,2$ mm de diámetro), lo que le confiere mayor capacidad para extraer agua y nutrientes de las capas inferiores.

El punto óptimo de reposo es la piedra angular del manejo racional de las pasturas. Se trata de un estadio fenológico, que varía de especie vegetal en especie, y presenta diferencias de acuerdo con los factores edafoclimáticos, la topografía, la latitud,

Tabla 4. Efecto del manejo del pastoreo rotacional Voisin en las principales especies estudiadas[†].

Variable	Tanzania	Massai	Mulato	Toledo	Humidicola	EE ±
Utilización, %	72 ^{ab}	75 ^{ab}	69 ^b	77 ^{ab}	80 ^a	1,261
Número de rotaciones	6,3 ^a	5,7 ^{ab}	5,0 ^{ab}	4,4 ^b	4,3 ^b	0,224*
Días de ocupación, días	1,7 ^a	1,9 ^a	2,3 ^a	2,0 ^a	1,8 ^a	0,103
Punto óptimo de reposo, días	48 ^{ab}	42 ^a	51 ^b	50 ^b	51 ^b	1,187*
Altura entrada, cm	93 ^b	81 ^{bc}	71 ^c	104 ^a	70 ^c	2,871***
Altura salida, cm	33 ^{bc}	27 ^b	30 ^b	37 ^c	19 ^a	1,413***

[†]Las especies estudiadas representaron en la composición florística: Massai (37,5 %), Toledo (21,0 %), Tanzania (12,5 %), Mulato II (12,5 %) y Humidicola (12,5 %).

a, b, c, d, e: Medias con diferentes superíndices en cada columna difieren de $p < 0,05$ según Duncan
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

entre otros. De cualquier modo, no se pueden indicar reglas generales (Pinheiro-Machado, 2016).

Los resultados por bimestre de los principales indicadores del manejo de los cuarterones durante el período de investigación, que abarcó dos ciclos de ceba, se muestran en la tabla 5. Se observaron diferencias significativas entre todos los indicadores del manejo. En las UGM hubo diferencia ($p < 0,001$) con incremento progresivo, lo que se explica por el aumento de peso vivo de los animales a través de los bimestres, con excepción de mayo-junio, ya que los animales perdieron peso en abril durante la fase de adaptación al sistema (aproximadamente 11,0 kg) y, por ende, disminuyó la carga.

En el primer bimestre (marzo-abril), la carga efectiva fue superior al resto ($p < 0,01$), debido a que el área de pastoreo se redujo a 3,4 ha, como estrategia para aumentar el consumo de forraje y realizar labores de mantenimiento en los cercados. Sin embargo, entre el segundo (mayo-junio) y sexto (enero-febrero) no hubo diferencias significativas. En el segundo bimestre, el área se incrementó a 5,02 ha, y a partir del tercer bimestre se normalizó el pastoreo en las 8,4 ha, con los 24 cuarterones.

La intensidad de pastoreo promedió 148 UGM/ha/día, aunque en los períodos poco lluviosos (marzo-abril de 2019 y enero-febrero 2020) el promedio fue

de 178,5 UGM, ya que el tiempo de ocupación dado a los cuarterones fue mayor (4,0 y 2,4 días).

Estos resultados son inferiores a los informados por Milera-Rodríguez *et al.* (2019) en vacas lecheras, donde la intensidad de pastoreo fue de 212 UGM/ha/día, ya que el tamaño promedio de los cuarterones en explotación fue de solo 0,09 ha, con topografía del terreno totalmente plana.

La oferta de pastos y la presión de pastoreo por bimestre estuvieron por debajo de lo recomendado para animales en crecimiento-ceba (Queirolo-Aguinaga *et al.*, 2015) en los bimestres mayo-junio y septiembre-octubre. En el primer caso (19 kg de MS/animal/día y 3,8 kg de MS/100 kg de PV), estuvo relacionado con la estrategia de usar animales repasadores (lo que incrementó la carga animal en el sistema) para bajar la altura del pasto, muy lignificado por la época seca, y aumentar su consumo. El otro aspecto que incidió fue la casi nula precipitación en el bimestre anterior (marzo-abril), que limitó el crecimiento de nuevos rebrotes de pastos en este bimestre (Sánchez-Vélez, 2018).

En el segundo caso (24 kg de MS/animal/día y 4,8 kg de MS/100 kg de PV), el motivo fue también la introducción de animales extras al sistema (lote de repaso + lote dos, que se iba incorporando para el próximo ciclo de ceba), con el consecuente

Tabla 5. Comportamiento de los indicadores de manejo en el sistema pastoreo racional Voisin.

Indicador	Bimestre de producción						EE \pm
	Marzo-abril, 2019	Mayo-junio	Julio-agosto	Septiembre-octubre	Noviembre-diciembre	Enero-febrero, 2020	
UGM	20,5 ^c	20,1 ^c	22,0 ^{bc}	31,0 ^a	23,0 ^{bc}	24,0 ^b	0,934 ^{***}
CE, UGM/ha	6,0 ^a	4,0 ^b	2,6 ^b	3,7 ^b	2,7 ^b	2,8 ^b	0,341 ^{**}
CI, UGM/ha	48,7 ^c	64,9 ^b	62,9 ^b	97,0 ^a	65,7 ^b	67,3 ^b	3,577 ^{***}
IP, UGM/ha/día	195 ^a	117 ^c	113 ^c	175 ^b	125 ^d	162 ^c	7,591 ^{***}
OF, kg MS/animal/día	-	19 ^d	31 ^b	24 ^c	34 ^a	31 ^b	2,804 ^{***}
PP, kg MS/100 kg/PV/día	-	3,8 ^b	6,2 ^{ab}	4,8 ^{ab}	6,8 ^a	6,2 ^{ab}	0,631 ^{**}
Rotaciones	1,0 ^d	1,7 ^a	1,1 ^{cd}	1,5 ^{ab}	1,3 ^{bc}	1,2 ^{cd}	0,066 ^{**}
Período de ocupación, días	4,0 ^a	1,8 ^b	1,8 ^b	1,8 ^b	1,9 ^b	2,4 ^{ab}	0,265 [*]
Período de descanso, días	60 ^a	20 ^b	42 ^{ab}	56 ^a	60 ^a	46 ^{ab}	4,413 [*]

CE: carga efectiva; CI: carga instantánea; IP: intensidad de pastoreo; OF: oferta de forraje; PP: presión de pastoreo

a, b, c, d, e: Valores con superíndices no comunes en la vertical difieren a $p < 0,05$ según Duncan

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

incremento de la carga efectiva e instantánea. El manejo del despunte y repaso se considera fundamental en el pastoreo racional Voisin, lo que permite alcanzar altos rendimientos individuales y cumplir la ley de los rendimientos máximos (Pinheiro-Machado, 2016). No obstante, estos indicadores estuvieron cercanos a los límites señalados por Cedeño-Vera y Looor-Looor (2017), quienes consideran una presión de pastoreo alta cuando la disponibilidad de MS/100 kg de PV/día es de 3,0 kg o menos. También se aproximan a los informados por Senra *et al.* (2005), quienes refieren que la presión de pastoreo es favorable con valores superiores a 5,0 kg de MS/100 kg de PV, y la consideran límite para los sistemas de pastizales.

En los demás bimestres analizados, la disponibilidad de forraje y la presión de pastoreo estuvieron por encima de 30 kg de MS/animal/día y 6,0 kg de MS/100 kg de PV respectivamente, lo que se relaciona con el aumento del rendimiento de los pastos y la estabilidad en la carga animal. Marín *et al.* (2017) determinaron que el momento de inicio de la rotación está dado por la altura, y que el pastoreo rotacional se caracteriza por manejar alta presión de pastoreo, cuando se alcanzan altas disponibilidades.

Conclusiones

El manejo flexible del pastoreo racional Voisin con la determinación del punto óptimo de reposo en los cvs. Tanzania, Massai, Mulato II, Toledo y Llanero modificó los indicadores de manejo, así como la estabilidad de las especies vegetales del sistema.

Agradecimientos

Se agradece al personal del Laboratorio de Suelo y Bromatología de la Universidad de Panamá, sede Los Santos, al Dr. Jorge Alejandro Troetsch y a la Lic. Silvia Guerra, del Laboratorio Dr. Maximiliano de Puy, de la Cooperativa de S/M de productores de leche del Panamá, R.L. (Cooleche) de Chiriquí, y al Dr. José Villarreal, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP). Además, se expresa gratitud a los productores y especialistas que participaron en los tres días de campo durante la investigación en la finca Ganadera Pajonales, y aportaron sus conocimientos y sugerencias.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- José Miguel Alejandro Domínguez-Escudero. Ejecutó los experimentos, con las mediciones correspondientes, participó en el procesamien-

to y en el análisis estadístico de los datos, buscó información bibliográfica y participó en la redacción del artículo.

- Jesús Manuel Iglesias-Gómez. Asesoró en la consecución de los experimentos, participó en el procesamiento y en el análisis estadístico de los datos, buscó información bibliográfica y participó en la redacción del artículo.
- Yuseika Olivera-Castro. Asesoró en la consecución de los experimentos, participó en el procesamiento y en el análisis estadístico de los datos y revisó el manuscrito.
- Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez. Contribuyó, con sus conocimientos del tema, al análisis de los datos experimentales y la redacción de los resultados.
- Odalys Caridad Toral-Pérez. Asesoró en la consecución de los experimentos, participó en el procesamiento y en el análisis estadístico de los datos y revisó el manuscrito.
- Hilda Beatriz Wencom-Cárdenas. Participó en el procesamiento y en el análisis estadístico de los datos, asesoró en la metodología experimental.

Referencias bibliográficas

- Alonso-Amaro, O.; Lezcano-Fleires, J. C. & Surris-Campos, Moraima. Relación ecológica plantas arvenses-entomofauna beneficiosa en sistemas silvopastoriles del occidente de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 42 (1):48-56. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100048&lng=es&tlng=es, 2019.
- Benvenuti, M. A. & Cangiano C. A. Características de las pasturas y su relación con el comportamiento ingestivo y consumo en pastoreo. En: C. A. Cangiano y M. Brizuela, eds. *Producción animal en pastoreo*. Balcarce, Argentina: Ediciones INTA. p. 259-290, 2011.
- Cangiano C. A. & Brizuela, M. Efecto del animal sobre la pastura. En: C. A. Cangiano y M. Brizuela, eds. *Producción animal en pastoreo*. Balcarce, Argentina: Ediciones INTA. p. 291-314, 2011.
- Carbutt, C.; Henwood, W. D. & Gilfedder, Louise A. Global plight of native temperate grasslands: going, going, gone? *Biodivers. Conserv.* 26:2911-2932. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1398>, 2017.
- Carvalho, P. C. de F.; Anghinoni, I.; Moraes, A. de; Souza, E. D.; Sulc, M. R.; Lang, C. R. *et al.* Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 88 (2):259-273, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9360-x>.
- Cedeño-Vera, Mayra L. & Looor-Looor, A. A. *Influencia de la carga instantánea en los indicadores de producción de leche (UDIV) del hato bovino*

- pasto y forraje ESPAM, UDFL*. Tesis previa a la obtención del título de Médico Veterinario. Manabí, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 2017.
- Domínguez-Escudero, J. M. A. Producción de carne mediante el pastoreo racional y el PRV, su implementación en las tierras altas de Los Santos, Panamá. Anais do III Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens: PRV nas Américas. *Cadernos de Agroecologia*. 14 (2):1-3. <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2515/2273>, 2019.
- EEPFH. Muestreo de pastos. *IV Seminario Científico-Técnico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. <https://biblioteca.ihatuey.cu/link/proyecto/seminarios/ivseminario-ocient.pdf>, 1980.
- Faurès, J. M.; Bartley, D.; Bazza, M.; Burke, J.; Hoo-geveen, J.; Soto, Doris. *et al.* Module 3: Water management. In: Lucia Palombi and R. Sessa, coords. *Climate smart agriculture sourcebook*. Rome: FAO. p. 81-97, 2013.
- Gandullo, R.; Fernández, Cristina; Schmid, P. & Giménez, G. Efecto de la variación ambiental en la flora, vegetación y productividad de los humedales “Mallines” de la provincia de Neuquén. Argentina. *SEMIARIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*. 22 (Serie supl. 2 Congreso de Pastizales):75-83. <http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/123456789/15515>, 2013.
- Hernández, L.; Milera, Milagros de la C. & Blanco, F. Influencia del sistema de explotación y la especie sobre los componentes de la fitomasa subterránea. En: Milagros de la C. Milera, ed. André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 426-442, 2011.
- Iglesias, J. M.; Simón, L.† & Martín, G. J. Sistemas silvopastoriles en el contexto cubano. *Agroecología*. 12 (1):75-82. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330371>, 2017.
- INEC. *Existencia de ganado vacuno, porcinos y gallinas en la República, según provincia y comarca indígena: años 2014-18*. Panamá: Instituto Nacional de Estadística y Censo. <https://www.contraloria.gob.pa>, 2019.
- Justo, C. *Composición florística y especies indicadoras de la familia Asteraceae en la región de los campos del noreste de Uruguay y sur de Brasil*. Tesis de licenciatura. Montevideo: Universidad de la República, 2015.
- López-Vigoa, O.; Sánchez-Santana, Tania; Iglesias-Gómez, J. M.; Lamela-López, L.; Soca-Pérez, Mildrey; Arece-García, J. *et al.* Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):83-95. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200001, 2017.
- Machado, R. *Variaciones morfoestructurales y poblacionales de Andropogon gayanus y su relación con la vegetación adventicia bajo pastoreo intensivo*. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas: EEPF Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, 2002.
- Machado, R.; Roche, R.; Toral, Odalys & González, E. Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. *Pastos y Forrajes*. 22 (3):181-204. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=972>, 1999.
- Marín, Alejandra; Baldissera, T.; Pinto, C.; Garagorry, F.; Zubieta, A.; Giraldo, L. A. *et al.* *Una innovación en el manejo del pastoreo como estrategia para mejorar la producción animal y reducir las emisiones de GEI*. Wageningen, The Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security, 2017.
- Marín-López, D.; Matamoros, I. & Ramírez-Restrepo, C. A. *Estimación preliminar productiva y modelada de las emisiones y mitigación de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de leche de Honduras*. Tesis de maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.
- Martínez, J.; Milera, Milagros; Remy, V. A.; Yepes, I. & Hernández, J. Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes*. 13 (1):101-110. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1296>, 1990.
- Milera-Rodríguez, Milagros de la C. & Machado-Castro, R. Efecto del manejo intensivo racional sobre el comportamiento de gramíneas tropicales sin la aplicación de riego ni agroquímicos. 3. Evolución de las especies. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, ed. *Manejo de vacas lecheras en pastoreo. Del monocultivo a la biodiversidad de especies*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 135-163, 2016.
- Milera-Rodríguez, Milagros de la C. & Martínez, J. Efecto del manejo intensivo racional sobre el comportamiento de gramíneas tropicales sin la aplicación de riego ni agroquímicos. 1. Disponibilidad de materia seca. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, ed. *Manejo de vacas lecheras en pastoreo. Del monocultivo a la biodiversidad de especies*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 116-126, 2016.
- Milera-Rodríguez, Milagros de la C.; Machado-Castro, R.; Alonso-Amaro, O.; Hernández-Chavez,

- Marta & Sánchez-Cárdenas, Saray. Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*. 42 (1):3-12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100003, 2019.
- Muller-Stöver, D.; Hauggaard-Nielsen, H.; Eriksen, J.; Ambus, P. & Johansen, A. Microbial biomass, microbial diversity, soil carbon storage, and stability after incubation of soil from grass-clover pastures of different age. *Biol. Fertil. Soils*. 48 (4):371-383, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0633-6>.
- Murgueitio, E.; Uribe, F.; Molina, C.; Molina, E.; Galindo, W. F.; Chará, J. *et al. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena*. E. Murgueitio, W. F. Galindo, J. D. Chará y F. Uribe, eds. Cali, Colombia: CIPAV, 2016.
- Ojeda-Falcón, A. D. & Domínguez-Quintero, O. Pastoreo Racional Voisin, ruta agroecológica sustentable en suelos ácidos-arenosos de baja fertilidad natural. *Ctro. Agr.* 47 (2):41-53. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200041, 2020.
- Oliva, M.; Collazos, R.; Vásquez, H.; Rubio, Karol & Maicelo, J. L. Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región. *Sci. Agropecu.* 10 (1):109-117, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.12>.
- Pérez-Infante, F. *Ganadería eficiente. Bases fundamentales*. La Habana: Asociación Cubana de Producción Animal, 2013.
- Pinheiro-Machado, L. C. Las bases científicas del Pastoreo Racional Voisin. 1er Encuentro Panamericano sobre Manejo Agroecológico de Pastizales. *Cadernos de Agroecología*. 6 (1):1-15. <https://silo.tips/download/memorias-del-1er-encuentro-pan-americano-sobre-manejo-agroecologico-de-pastizale>, 2011.
- Pinheiro-Machado, L. C. *La dialéctica de la agroecología. Contribución para un mundo con alimentos "sin venenos"*. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2016.
- Queirolo-Aguinaga, A. A.; Nabinger, C., Carvalho, P. C. de F. & Muliterno Thurow, Juliana. Manipulação estacional da oferta de forragem para otimizar a produtividade da pastagem natural. *Memorias del Congreso de Producción Animal ALPA 2015*. Puerto Varas, Chile: ALPA. p. 369, 2015.
- Ramírez-Tixe, María G. *Diversidad florística a diferente altitud en el ecosistema páramo en siete comunidades de la OSG UNOCANT*. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Forestal. Riobamba, Ecuador: Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2790/1/33T0112%20.pdf>, 2013.
- Rúa-Franco, M. *Manual práctico del Pastoreo Racional Voisin*. Colombia: CEG Internacional, 2020.
- Sánchez-Vélez, E. V. Determinación de la época de corte del pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*) mediante la cuantificación de proteínas en la hoja. Trabajo de titulación como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Los Ríos, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, 2018.
- Senra, A.; Martínez, R. O.; Jordán, H.; Ruiz, T.; Reyes, J. J.; Guevara, R. V. *et al.* Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 39 (1):23-30. <https://redalyc.org/articulo.oa?id=193017852003>, 2005.
- Sisa-Benavides, Ligia A. *Implementación del sistema silvopastoril (SSP) modelo cercas vivas y barreras rompevientos en las veredas Páramo y Tobal del municipio de Tutazá Boyacá*. Trabajo aplicado para optar por el título de Zootecnista: Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente CEAD-DUITAMA, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017.
- Sotelo-Cabrera, M. E.; Suárez-Salazar, J. C.; Álvarez-Carrillo, F.; Castro-Núñez, A.; Calderón-Soto, V. H. & Arango, J. *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?* Publicación CIAT No. 448. Cali, Colombia: CIAT, 2017.
- Stanley, Paige L.; Rowntree, J. E.; Beede, D. K.; DeLonge, Marcia S. & Hamm, M. W. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agr. Syst.* 162:249-258, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.02.003>.
- Villalba, J. J.; Provenza, F. D.; Gibson, Natalie & López-Ortiz, Silvia. Veterinary medicine: the value of plant secondary compounds and diversity in balancing consumers and ecological health. In: B. C. William and S. López-Ortiz, eds. *Issues in agroecology: present status and future prospectus 3. Sustainable food production includes human and environmental health*. Berlín: Springer. p. 165-190, 2014.
- Villalobos-Villalobos, L. A. & WingChing-Jones, R. Mechanical removal of senescent material for pasture recovery. *Agron. Mesoam.* 30 (3):821-840, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36625>.
- Villareal, J. E. Resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP. Panamá: Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá, 2020.