



EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL ALTOANDINO EN NARIÑO

EVALUATION OF PRODUCTION AND FORAGE QUALITY OF A SILVOPASTORAL ALTOANDINO SYSTEM IN NARIÑO

Arturo L. Gálvez-Cerón ^a, <https://orcid.org/0000-0002-1334-908X>

Jair A. Erazo-Gómez ^b, Zoot. <https://orcid.org/0000-0002-3441-2850>

^a Zootecnista, MSc, PhD. Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. galvezceron@udenar.edu.co

^b Zootecnista, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. erazojair@gmail.com

Recibido: 16-04-2019

Aceptado: 31-08-2019

RESUMEN

Teniendo en cuenta las adversidades climáticas que limitan la producción animal y su oferta alimentaria, es necesario reorientar la producción forrajera hacia sistemas ganaderos arborizados que brinden abundancia, calidad y estabilidad en épocas críticas, y que garantice armonía con el entorno. La investigación se realizó en la vereda Meneses, Villamoreno, Buesaco, Nariño, Colombia, con temperatura promedio de 15°C, precipitación de 1.035 mm anuales y una altitud de 2.483 msnm. El objetivo de la investigación fue evaluar la oferta forrajera de un sistema silvopastoril (SSP), en zona de bosque húmedo montano bajo (bh-MB), con la inclusión de especies forrajeras arbustivas, distribuidas en tres tratamientos; T1: *Acacia decurrens* × *A. decurrens*, T2: *A. decurrens* × *Tithonia diversifolia*, T3: *A. decurrens* × *Sambucus nigra*, y el testigo (T0): una pastura convencional compuesta en su mayoría por *Cenchrus clandestinus*, *Agrostis scabrifolia*, *Holcus lanatus* e *Hypochaeris radicata*. Se evaluaron algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, composición florística y fenología, determinación de diversidad y abundancia de especies mediante índices de Simpson y Shannon, producción de biomasa comestible, calidad nutricional mediante métodos de la AOAC y Goering y Van Soest, y presencia de metabolitos secundarios. Los factores físicos, químicos y biológicos tuvieron resultados similares entre tratamientos, con mayor producción de materia seca en T1 y T2, mejorando la oferta alimentaria con la incorporación de arbustivas. Los resultados estadísticos arrojados por SPSS de IBM, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en producción de materia seca. T1 y T2, por prueba de Tukey; éstos fueron los tratamientos de mayor beneficio forrajero, con producciones de 2,223 y 1,978 Ton/MS/año, respecto a T0, con 1,651 Ton/MS/año. La resistencia del suelo, en todos los tratamientos, fue alta y de limitación severa: T0: 1,91 Mpa, T1: 1,85 Mpa, T2: 1,92 Mpa y T3: 1,97 Mpa, causando dificultades en el desarrollo radicular de las especies arbustivas implementadas.

Palabras clave: biomasa comestible, bromatología, metabolitos secundarios

ABSTRACT

Taking into account the climatic adversities that limit animal production and its food supply, we must reorient forage production towards tree-based livestock systems that provide abundance, quality, and stability in critical periods, and that guarantee harmony with the environment. The investigation was conducted in the Meneses village, Villamoreno, Buesaco, Nariño, Colombia, with an average temperature of 15°C, precipitation of 1,035 mm per year, and an altitude of 2,483 masl. The objective of the research was to evaluate the forage supply of a silvopastoral system (SSP), in the lower montane moist forest area (LM-mf), with the inclusion of shrubby forage species, distributed in three treatments: T1: *Acacia decurrens* × *A. decurrens*, T2: *A. decurrens* × *Tithonia diversifolia*, T3: *A. decurrens* × *Sambucus nigra*, and the control (T0) a conventional pasture composed mostly of *Pennisetum clandestinum*, *Agrostis scabrifolia*, *Holcus lanatus*, and *Hypochaeris radicata*. Some physical, chemical and biological properties of the soil, floristic composition and phenology, determination of diversity and abundance of species were evaluated through Simpson and Shannon indexes, production of edible biomass, nutritional quality through AOAC and Goering and Van Soest methods, and presence of secondary metabolites with the methodology described by Domínguez. The physical, chemical and biological factors had similar results between treatments, higher production of dry matter in T1, and T2, improving the food supply with the incorporation of shrubs. The statistical results obtained by IBM SPSS showed significant differences between treatments in dry matter production, T1 and T2 by Tukey test, were the treatments with the highest forage benefit, with productions of 2,223 and 1,978 Ton/DM/year, compared to T0, with 1,651 Ton/DM/year. Soil resistance in all treatments was high and severely limited: T0: 1.91 Mpa, T1: 1.85 Mpa, T2: 1.92 Mpa, and T3: 1.97 Mpa, causing root development difficulties of the shrub species implemented.

Keywords: edible biomass, bromatological, secondary metabolites.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en Colombia ocupa un lugar destacado dentro de la economía, con el 53 % del PIB pecuario, el 19,8% del agropecuario y el 1,3% del PIB nacional ^[1]. El principal inconveniente en la producción bovina, es la baja oferta alimentaria, de tal manera que sus niveles productivos no expresan el potencial genético. Por tanto, se deben buscar alternativas en la producción forrajera que permitan brindar los nutrientes necesarios para que los animales puedan mostrar su potencial productivo; los sistemas silvopastoriles, mediante la asociación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, brindan una mejor oferta alimentaria en cantidad y calidad. Así, su incorporación en los potreros incrementa la cantidad total de forraje, mejorando la calidad de la pastura asociada, permitiendo un mejor manejo y un aumento de la eficiencia ganadera, mostrando una incidencia positiva directamente sobre el desarrollo y calidad del ganado, en la medida en que la sombra proveída

por los árboles reduce la carga calórica absorbida por los animales, favoreciendo la disminución de la temperatura corporal y mejorando su frecuencia respiratoria, producto de la disminución de temperatura en el terreno, debido a la disipación del calor por evaporación ^[2].

“En cualquier sistema de producción ganadera, los forrajes de buena calidad proporcionan el alimento más económico para los bovinos, por lo tanto, se debe derivar de ellos la mayor parte de los nutrientes requeridos” ^[3].

Esta investigación se realizó con el fin de comparar un sistema silvopastoril, con distribución de *Acacia decurrens*, *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en tres tratamientos, con un sistema de pradera convencional, para determinar alternativas de producción de forrajes, que conlleven a obtener una producción ganadera sostenible, amigable con el medio ambiente, y que mejore la calidad de vida del productor mediante la generación de mejores ingresos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en la finca La Chorrera, vereda Meneses, corregimiento de Villamoreno, municipio de Buesaco, departamento de Nariño, cuyas coordenadas geográficas corresponden a 1°30'22.81" N, 77°21'53.17" W, con una altitud de 2.483 msnm, una temperatura promedio de 15°C y una pluviosidad de 1.035 mm anuales. Esta región se cataloga como zona de bosque húmedo montano bajo (bh-MB), según la clasificación de Holdridge [4].

Se determinaron algunos factores físicos (densidad aparente, densidad real, porosidad total, penetrabilidad, humedad), factores químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio de cambio) y biológicos (macro-fauna edáfica) del suelo, en todos los tratamientos. Los análisis físicos y químicos fueron realizados en los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño. La clasificación de la macro-fauna edáfica se hizo en campo, hasta orden, con apoyo del Laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño.

Para los registros fenológicos se tomaron datos sobre brotes nuevos y floración de las plantas implementadas en los diferentes tratamientos del sistema silvopastoril, también algunos parámetros agronómicos como altura, profundidad radicular, diámetro de tallo y porcentaje de sobrevivencia de arbustos. La diversidad florística en los tratamientos se determinó mediante los índices de Simpson y Shannon, de acuerdo con Moreno [5], de la siguiente manera:

Dominancia de Simpson: $\lambda = \sum p_i^2$

Diversidad de Simpson: $D\lambda = 1 - \lambda$

Diversidad de Shannon-Wiener: $H' = -\sum p_i \ln p_i$

Equidad de Shannon: $H' E = H' / \ln S$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i (n_i) dividido entre el número total de individuos de la muestra (N).

$\ln S$ = logaritmo natural del número total de especies existentes dentro la parcela.

La producción de biomasa comestible se obtuvo de la siguiente manera:

T0: mezcla herbácea: producción de forrajes/m²; T1, T2 y T3: mezcla herbácea (producción de forrajes/m²) más estrato arbustivo (producción de biomasa comestible: hoja + tallos tiernos × No. árboles).

La estimación de la producción total de forraje en ambos sistemas se realizó mediante aforos, según el método de Rúa [6], en zig-zag, igual al utilizado para el muestreo de suelos. Se utilizó un marco de 1 m², se tomaron las submuestras recorriendo el terreno a lo largo y ancho en forma de zig-zag. Cada submuestra fue pesada con una balanza calibrada en gramos. Los pesos de las submuestras se sumaron y se dividieron entre el número de submuestras tomadas para determinar el promedio aritmético en kg/m².

Estrato herbáceo: producción de forrajes/m², según método descrito anteriormente.

Estrato arbustivo: producción de biomasa comestible (hoja+tallos tiernos) × No. árboles/Ha, según método de Gálvez-Cerón et al [7].

La calidad nutricional se determinó mediante análisis químico proximal de una muestra representativa y homogénea de cada mezcla herbácea por tratamiento, y de cada especie de arbusto implementada en T1, T2 y T3. Se determinó además metabolitos secundarios a través de la evaluación cualitativa (por cambios de coloración) de la presencia de factores anti nutricionales como fenoles, esteroides, alcaloides y saponinas mediante la metodología descrita por Domínguez [8].

En la valoración estadística, para las propiedades físicas y químicas del suelo, la macro-fauna edáfica, la diversidad florística, la fenología y la calidad nutricional de la dieta se recurrió a la estadística descriptiva para facilitar la interpretación de los datos al comparar los dos sistemas. En la determinación de la variable producción de biomasa comestible se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA),

Artículo de Investigación

con cuatro tratamientos: un sistema convencional de pradera T0, y tres tratamientos de implementación silvopastoril: T1: *Acacia decurrens* × *A. decurrens*; T2: *A. decurrens* × *Tithonia diversifolia* y T3: *A. decurrens* × *Sambucus nigra*. Para saber si al final del establecimiento existen

diferencias significativas, en cuanto a la producción de MS, se utilizó el programa estadístico SPSS de IBM, mediante el cual se aplicó la prueba de Tukey para establecer los tratamientos de mejor producción forrajera, comparando sus medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores físicos del suelo

Densidad aparente. Se reportaron valores de 0,84 para T1, 0,78 para T2 y 0,89 para T3, valores que fueron similares al presentado por T0 (0,83) y cercanos a los obtenidos por Vélez y Noguera^[9], de 0,76, 0,76 y 0,74 en un sistema silvopastoril con Pichuelo (*Senna pistacifolia*) y pastura (*Pennisetum clandestinum*), campanillo (*Delastoma integrifolium*) y pastura (*P. clandestinum*) y eucalipto (*Eucalyptus globulos*) con pastura (*P. clandestinum*), respectivamente, en zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB) en el municipio de El Tambo, Nariño, Colombia. Esta similitud en los resultados hace relación a la poca evolución que tuvieron los sistemas silvopastoriles establecidos, frente a la pradera convencional, lo que concuerda con lo mencionado por Villanueva e Ibrahim^[10], quienes afirman que la densidad aparente de un sistema decrece en cuanto aumenta la edad de los árboles.

Penetrabilidad. Se obtuvieron resultados de resistencia a la penetración del suelo similares entre los diferentes tratamientos, tomados a 5 cm de profundidad, con valores de 1,91 Mpa para T0, 1,85 para T1, 1,92 para T2 y 1,97 para T3. Teniendo en cuenta la tabla de interpretación de la resistencia a la penetración, donde se especifica que un suelo puede tener una resistencia media favorable para el desarrollo radicular entre 1 y 1,5 Mpa^[11]; los suelos de los diferentes tratamientos se consideran de limitación severa, con 1,71 Mpa de resistencia a la penetrabilidad, estando en el mismo rango de un suelo de cero labranza en Saltillo, Coahuila, México^[12]. Considerando la alta resistencia del suelo, Sellés^[13] menciona que a medida que la RP (resistencia a

la penetrabilidad) del suelo aumenta, disminuye el crecimiento de raíces de la mayoría de los cultivos, para detenerse completamente con valores cercanos a 3 Mpa.

Humedad. Se obtuvieron valores de T1: 22,41%, T2: 20,49%, y T3: 22,55%, con respecto a T0: 19,12%, siendo similares a los obtenidos por Lovera y Ramírez^[14], quienes, en sus muestras de bosque obtuvieron un promedio de 22,7%, en pastizal 20,6% y en el sistema silvopastoril un promedio de 23,3%. Esto puede deberse a que la humedad no sólo está determinada por la existencia o no de cubierta vegetal, sino de materia orgánica y la textura del suelo.

Factores químicos del suelo

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis químico del suelo de los diferentes tratamientos, obtenidos en esta investigación. Los resultados para N, P, K, MO y pH fueron similares entre los tratamientos.

Nitrógeno total. No se tuvieron diferencias para N, cuyos valores, que oscilan entre 0,42 y 0,45, son inferiores al presentado por Arteaga et al^[15], de 0,66% N, en un sistema silvopastoril compuesto por acacia (*Acacia decurrens*), quillotocto (*Tecoma stans*) y mora (*Rubus glaucus*) en la Granja Experimental CORPOICA, Corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto, Colombia.

Fósforo disponible. Sus valores fueron similares entre tratamientos, contrastando con el resultado de 15,97 mg/kg^[16] para un sistema silvopastoril conformado por acacia (*A. decurrens*), quillotocto (*T. stans*) y mora (*R.*

glaucus) de 20 años de establecido, pero similares (5,07 mg/kg) a los obtenidos con un sistema silvopastoril con *A. decurrens*, *A. melanoxylon* y *Alnus acuminata* de 21 años de edad. Respecto sistemas silvopastoriles, los arbustos

y árboles establecidos desarrollan distintos mecanismos biológicos para la captación de nitrógeno del suelo y otros minerales que limitan el desarrollo de plantas en suelos tropicales, como el fósforo, según reporta Gómez et al ^[16].

Tabla 1. Análisis químico de suelos de los diferentes tratamientos de un sistema silvopastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Meneses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Tratamientos	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol ⁺ /kg)	MO (%)	pH
T0	0,45	5,94	1,54	12,60	5,61
T1	0,42	6,66	1,54	11,50	5,60
T2	0,45	7,35	1,84	12,50	5,78
T3	0,45	6,22	1,64	12,40	5,60

Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (MO) y pH.

Potasio de cambio. No se encontraron diferencias entre los tratamientos, los cuales permanecieron entre 1,54 cmol⁺/kg para T0 y T1, 1,86 cmol⁺/kg para T2 y 1,64 cmol⁺/kg para T3, pero mayores a los reportados por González ^[17], con 0,46 cmol⁺/kg (180 ppm), en un sistema silvopastoril intensivo de *L. leucocephala*, comparado con un monocultivo de gramíneas con 0,20 cmol⁺/kg (80 ppm).

Materia orgánica. No se obtuvieron diferencias entre los tratamientos, mostrando porcentajes de 12,6, 11,5, 12,5 y 12,4 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente. Sin embargo, son superiores al encontrado por Leyva-Rodríguez ^[18], con 5,20 % de MO en un sistema silvopastoril compuesto por *Leucaena leucocephala* en franjas y *Panicum maximum*, en un clima de transición en Cuba, y menor que la MO (19,56%) reportada por Arteaga y Castillo ^[15], en suelos del departamento de Nariño, Colombia.

pH. Los valores de pH no presentaron diferencias significativas, con 5,61, 5,60, 5,78 y 5,50 para T0, T1, T2 y T3 respectivamente. Estos valores, ligeramente ácidos, fueron inferiores a los reportados por Silberman ^[19] (6,5) en un bosque silvopastoril de cinco años de establecido en una zona sub-húmeda, y 7,2 en una zona semiárida con el mismo tipo de sistema silvopastoril.

Factores biológicos del suelo

La mayoría de los individuos encontrados en todos los tratamientos son defoliadores, como se muestra en la Tabla 2. Su alta presencia en los pastos de los tratamientos puede hacer referencia a que se tiene una alta variedad florística, habiendo alimento de preferencia para una alta variedad de individuos, de varios grupos taxonómicos. Gálvez et al ^[20] reportaron 293 individuos en un muestreo de un sistema silvopastoril por regeneración natural, en bs-T.

Debe destacarse que en los tratamientos con establecimiento silvopastoril se obtuvo una mayor presencia de lombrices con respecto al testigo, especie indicadora de calidad del suelo. Según Pérez ^[21], su presencia señala de manera indirecta la baja o alta aplicación de agroquímicos y uso de fertilizantes de síntesis química, ya que las lombrices son muy sensibles a estas sustancias. Su función en el suelo es la de consumir materia orgánica fresca, mezclar el suelo, aumentar la porosidad, aumentar la disponibilidad de nutrientes luego de su digestión, formación de humus y control de poblaciones de microorganismos. Los diplopodos cumplen una función similar al de las lombrices en el suelo, los cuales fueron encontrados en todos los tratamientos. La gran mayoría de las especies de diplópodos viven en el suelo y tienen la facilidad de excavar.

Tabla 2. Macrofauna edáfica en diferentes tratamientos de un sistema silvopastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Meneses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Orden	Familia	T0	T1	T2	T3
Oligochaeta	Lombricidae	3	12	11	7
Isopoda	Armadillidiidae	0	6	0	0
Diploda	Scolopendridae	7	6	10	6
Chilopoda	Himantariidae	0	3	2	5
Dermaptera	Forficulidae	0	0	0	15
Hymenoptera	Formicidae	80	85	120	90
Orthoptera	Acrididae	38	16	32	28
Coleoptera	Carabidae	0	8	6	7
Hemiptera	Pentatomidae	2	2	2	1
Araneae	Agelenidae	25	18	31	22
Microcoryphia		0	0	2	0
Psocoptera	Achesillidae	23	0	5	4
Total		178	156	221	181

Por ello, la influencia de estos organismos en el suelo es de tipo física y química, puesto que al perforar el suelo rompen los niveles superiores y alteran la naturaleza física del mismo, incrementan la porosidad, la capacidad de retención de agua e influyen en los procesos de transporte de nutrientes ^[22].

Los himenópteros es el grupo más numeroso encontrado, coincidiendo en su mayor cantidad en T2, tratamiento donde se tuvo una mayor diversidad florística, según índices de Simpson y Shannon (Tabla 3).

Los himenópteros son únicos dentro de la clase Insecta debido a su gran diversidad ecológica. Por ejemplo, las hormigas (y termitas, que son isópteros) llegan a formar un tercio de la biomasa de artrópodos de la selva tropical y forman mosaicos de dominancia en las copas de árboles (e incluso en agrosistemas) donde influyen la estructura y dinámica de otros artrópodos y de plantas ^[23].

Los ortópteros fueron el segundo grupo más numeroso después de himenópteros y que se hallaron en todos los tratamientos. Los ortópteros no presentan especies sociales, aunque en determinadas condiciones ambientales pueden presentarse explosiones poblacionales y algunas especies pueden desarrollar fases gregarias que pueden desplazarse coordinadamente y

causar tremendos daños a la vegetación y cultivos ^[24].

Los arácnidos fueron el tercer grupo más numeroso después de los himenópteros y de los ortópteros y, aunque se encontraron ejemplares en todos los tratamientos, su mayoría estuvo en T2. Todas las arañas son carnívoras, aunque existen casos de omnivorismo (algunas arañas completan su dieta con néctar, etc.). En general, las arañas practican dos tipos de estrategias de caza: las telas de capturas (por ejemplo, Araneidae) y la caza activa que consiste bien en la localización, persecución y captura de la presa (por ejemplo, Lycosidae), o bien en la emboscada (por ejemplo, Thomisidae) ^[25].

Diversidad y abundancia florística. Todos los tratamientos mantuvieron similar diversidad de Simpson, sin dominancias notables por alguna especie (Tabla 3).

El T2 fue el tratamiento que obtuvo el mayor valor de diversidad de Simpson con 0,83, superando con muy poca diferencia a los datos de T0, T3 y T1, los cuales alcanzaron un índice de 0,81, 0,79 y 0,72 respectivamente. Además, T2 obtuvo también la mayor diversidad de Shannon, con 2,02, un poco por encima de T0, T3 y T1, que mostraron valores de 1,97, 1,97 y 1,76 respectivamente.

Tabla 3. Índices de Simpson y Shannon de los tratamientos

Tratamientos	Dominancia de Simpson	Diversidad de Simpson	Diversidad de Shannon	Equidad de Shannon
T0	0,18	0,81	1,97	0,73
T1	0,27	0,72	1,76	0,69
T2	0,16	0,83	2,02	0,74
T3	0,20	0,79	1,97	0,83

Orellana-Lara ^[26] determinó, en diferentes parcelas de bosque que, en general, presentan una alta diversidad de especies ya que el valor máximo de dominancia obtenido en las parcelas es de 0,015 para *Anaxagorea dolichocarpa*.

García et al ^[27] reportaron un índice de Simpson y Shannon de 0,053 y 3,24 respectivamente, para un bosque natural de bajo grado de intervención antrópica, y 0,144 y 2,34 para un bosque natural de gran intervención antrópica.

Gálvez-Cerón et al ^[7] obtuvieron un índice de Simpson y Shannon de 0,77 y 2,02 en una pradera convencional con monocultivo de *P. maximun*, de 0,87 y 2,45 para una de sus seis praderas de un sistema silvopastoril de regeneración natural asistida, y 0,93 y 2,78 para otra de las praderas estudiadas. Cabe resaltar que la

alta diversidad en las especies herbáceas en todos los tratamientos hace referencia a que son especies naturales y naturalizadas de las praderas, con adaptación a las adversidades edáficas y climáticas, en especial en época de verano.

La diversidad de Shannon en T2, de 2,02, fue la más alta entre los tratamientos, y se asemeja al índice reportado por Albino-García et al ^[28] de 2,2 con arvenses de una parcela destinada a actividad agrícola.

Abundancia. La especie de mayor abundancia en los diferentes tratamientos, como se muestra en la Tabla 4, fue la gramínea *Penissetum clandestinum*. *Agrostis scabrifolia* fue la segunda especie más abundante en T0 y en T2, y la tercera más abundante en T1 y T3.

Tabla 4. Abundancia de especies en porcentajes, en diferentes tratamientos de un sistema silvopastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Meneses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Especies	T0	T1	T2	T3
<i>Cenchrus clandestinus</i>	23,7	32,9	26,15	21,2
<i>Agrostis scabrifolia</i>	17,7	11,9	14,7	15,1
<i>Andropogon</i> sp	17,5	-	-	-
<i>Sonchus oleraceus</i>	13,3	18,8	-	20,9
<i>Holcus lanatus</i>	-	9,0	13,1	11,3
<i>Dichondra repens</i> (oreja de ratón)	-	-	10,9	-

Es preciso destacar que las gramíneas impiden la erosión y es uno de los primeros grupos de plantas en los procesos de sucesión temprana. Así, éstas son fijadoras de los suelos, al poseer raíces, estolones y rizomas que forman una red debajo de la superficie y, además, algunas de ellas constituyen el primer elemento en su formación, como lo afirman Chase y Luces de Febres ^[30]. La asterácea *Sonchus oleraceus* fue la tercera especie más abundante en T0 y T2, pero la segunda más abundante en T1 y T2.

La familia *Asteraceae* es una de las más numerosas del reino vegetal, con alrededor de 20.000 especies, entre las que se encuentran árboles, arbustos, subarbustos y plantas herbáceas, con una amplia distribución a nivel mundial ^[31].

Fenología. Se realizaron observaciones y seguimiento de las especies a lo largo del periodo de estudio, teniendo en cuenta brotes nuevos y floración. Se tomó también algunos parámetros agronómicos que se evidencian en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros agronómicos de las plantas implementadas de un sistema silvo-pastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Mene-ses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Características	T1		T2		T3	
	A.d.	T.d.	A.d.	S.n.	Ad.	
Altura de planta	74,39	60,12	83,97	33,90	101,19	
Profundidad de raíz	45,00	32,00	35,00	24,50	40,00	
Diámetro de tallo	0,52	-	0,48	-	0,57	
Diametro de copa	20,68	-	20,72	-	24,31	
% Supervivencia	69,9%		74,7%		81,0%	

A.d.: *Acacia decurrens*, T.d.: *Tithonia diversifolia*, S.n.: *Sambucus nigra*.

Dentro del tiempo del desarrollo de la investigación, se presenciaron algunos meses de sequía y de lluvias, lo que influyó directamente sobre el desarrollo de las plantas forrajeras implementadas. De acuerdo con lo expresado por Rodríguez et al ^[32], los factores medioambientales influyen drásticamente sobre el desarrollo vegetal. Los datos se empezaron a tomar después que las plantas tuvieron éxito de prendimiento, dos meses después de su siembra. Cabe destacar que las lluvias fueron un factor primordial para potenciar el desarrollo vegetal, y la resistencia del suelo a la penetrabilidad impidió un desarrollo radical vertical. La compactación del suelo afecta a la configuración de sistema radical y por lo tanto al consumo de nutrientes, según Misra et al ^[33].

Acacia decurrens fue obtenida en el vivero El Alisal, de Tuquerres, Nariño, Colombia, germinada por semilla, con buenas condiciones de suelo y humedad. Fue la planta con más rápido prendimiento en los tratamientos, con un 15% de crecimiento, debido a su gran cantidad de raíces, desde la etapa de vivero, comprendiendo raíz primaria y raíces secundarias.

Según Fernández et al ^[34], la leguminosa arbórea *A. decurrens* ha mostrado ser promisoría para el uso en sistemas de producción ganadera para la producción de leche, dada su buena adaptación en clima frío, su rápido crecimiento, su buena producción de forraje comestible y aceptable composición química. Se tuvo mayor número de rebrotes y crecimientos en época de lluvias, y producción de forraje.

Aunque *A. decurrens* fue la especie forrajera que mayor profundidad radicular presentó,

no superó los 40 cm de profundidad, ya que las capas inferiores del suelo a esta profundidad presentaban un alto nivel de compactación, cuya raíz principal y secundarias se desarrollaron de forma horizontal, extendiéndose hasta 2 metros de longitud, evidenciando la resistencia a la penetrabilidad del suelo en todos los tratamientos.

Tithonia diversifolia se implantó por siembra vegetativa, con brotes después de los 12 días de siembra, con una rápida capacidad de brote por las condiciones de humedad en vivero (Sibundoy, Putumayo). Después de *A. decurrens* obtuvo alto porcentaje de prendimiento, con un crecimiento promedio del 5%, aunque afectado por la alta compactación del suelo; tuvo una profundidad radicular promedio de 32 cm, con raíces de formación horizontal, extendiéndose hasta 65 cm de longitud. En seis meses de seguimiento se tuvo una floración después del cuarto mes de plantación, en un 20% del total de las plantas sembradas. De acuerdo con los reportes de Mahecha y Rosales ^[35], *T. diversifolia* es una planta herbácea perteneciente a la familia de las compuestas, posee un gran volumen radicular y una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, un amplio rango de adaptación y de distribución en la zona tropical, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy ruda y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema, y tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo.

La siembra de *Sambucus nigra*, fue implementada de forma vegetativa, obteniendo bro-

tes después de 15 días, atribuida a su rápida capacidad de brotar en condiciones de humedad en vivero (Sibundoy Putumayo); aunque tuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia, fue la planta forrajera con menor desarrollo y crecimiento de menos del 3%, bajo desarrollo radicular y floración de un solo ejemplar al cabo de cuatro meses post-siembra.

De acuerdo con Grajales-Atehortúa et al ^[36], el sauco es una planta de gran potencial forrajero, pero con altas preferencias de suelos húmedos, por lo cual se le atribuye la cualidad de protectora de cuencas hídricas, donde presenta un notorio crecimiento, desarrollo radicular y producción de follaje. El alto grado de compactación con una resistencia a la penetrabilidad influyó sobre el pobre desarrollo radicular.

Producción de biomasa comestible

En la Tabla 6 se muestra la producción de materia seca por tratamiento/Ha/año. En el T1, implementado con *A. decurrens* como especie para ramoneo, se obtuvo la mayor producción (14,82 Ton MS/Ha/año). Córdoba et al ^[37] obtuvieron una producción de materia seca de 31,5 Ton MS/Ha/año en un sistema silvopastoril intensivo integrado por frutales, con *L. leucocephala* como arbusto de ramoneo y *P. maximun*, coquito *Cyperus rotundus*, colosuana *Bothriochloa pertusa* y mango *Mangifera indica*. Por su parte, Gálvez-Cerón et al ^[7] obtuvieron 27,6 Ton/Ha/año en un sistema silvopastoril, implantado mediante regeneración natural asistida en bs-T.

Tabla 6. Producción forrajera en materia seca de los tratamientos de un sistema silvopastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Meneses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Tratamiento	Ton MS/tratamiento/año	Ton MS/Ha/año
T0	1,65 ^b	11,01 ^b
T1	2,22 ^a	14,82 ^a
T2	1,98 ^b	13,19 ^b
T3	1,94 ^b	12,97 ^b

Valores con leras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$)

Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre las medias de la producción de materia seca de los tratamientos, que se podría atribuir a un leve aumento de forraje comestible de las especies arbustivas incluidas en los tratamientos. Esta producción de biomasa comestible de los arreglos silvopastoriles se atribuye a la temprana edad de cosecha, ya que los arbustos no alcanzaron a desarrollar su máximo potencial forrajero, estando aún en estado de crecimiento. Mahecha et al ^[38] hace referencia a la implementación silvopastoril que inició en 1993 en la Reserva Natural El Hatico, en el Valle del Cauca, cuya producción forrajera fue de 39,4 Ton MS/Ha/año, correspondiente a un sistema silvopastoril conformado por un conjunto de pasto estrella, leucaena y algarrobo.

Calidad de forrajes

Con el fin de conocer la calidad forrajera que cada tratamiento ofrece, se realizó un análisis bromatológico de la biomasa comestible de cada uno de ellos. En la Tabla 7 se muestra la composición nutricional de la oferta forrajera de cada uno de los tratamientos.

La calidad forrajera que se ha determinado por parte de la pradera convencional (testigo), en este estudio, es baja, debido a que se tienen herbáceas como especies para pastoreo y que por su limitación radicular no poseen la capacidad de penetrar las duras capas del suelo, dificultando su acceso hacia capas más profundas para obtener mayor cantidad de nutrientes y humedad. Lucero ^[39], en estudiando un arreglo silvopastoril con *Guazuma ulmifolia*, reporta el

contenido de proteína cruda de 6,733% para *Brachiaria arrecta* sin árboles, 5,055% para *B. arrecta* con una densidad de sembrado de 6x6

de *G. ulmifolia* y 8,64% para *B. arrecta* con una densidad de sembrado de 4x4 de *G. ulmifolia*.

Tabla 7. Composición nutricional de la oferta forrajera en los diferentes tratamientos de un sistema silvopastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Meneses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Parámetros	Porcentajes (%)			
	T0	T1	T2	T3
Materia seca	32,94	33,90	31,26	33,12
Proteína	10,04	8,61	8,65	9,09
Fibra cruda	36,49	39,35	40,60	42,95
FDN	60,72	63,41	59,75	60,00
FDA	36,80	38,10	35,36	36,22
Extracto etéreo	2,30	2,05	1,79	1,66
Ceniza	8,05	8,43	7,99	1,68
Lignina	8,17	8,57	7,67	8,01
ELN	35,82	40,25	33,41	31,11

En T1 se incluyó *A. decurrens* como el componente arbustivo del sistema silvopastoril, mostrando que la inclusión de esta leguminosa arbórea (Tabla 7) mejoró la proteína cruda del forraje herbáceo en 3,7%, aunque no igualó el porcentaje de T0, debido posiblemente a que no cuenta con la edad y condiciones adecuadas para aumentar la cantidad del forraje comestible al sistema, pues posee una PC del 16,56%, frente a 8,29% de la mezcla herbácea. El potencial forrajero de especies arbustivas puede mejorar con el paso del tiempo, lo que concuerda con lo mencionado por Quiceno y Medina^[40], quienes afirman que las acacias producen mayor cantidad de biomasa comestible a medida que aumentan su edad, con rendimientos, mediante poda selectiva, de 422 kg MS/Ha/año y 86,6 kg PC/Ha/año con defoliación iniciada a los 15 meses.

En T2 se incorporó *A. decurrens* y *Tithonia diversifolia* como especies arbustivas. Estas dos especies arbustivas forrajeras se perfilan como una alternativa de producción por su alta adaptación a diferentes pisos térmicos, y por ser de gran resistencia a condiciones adversas ambientales y de suelos. Ambas especies generaron un aumento de 0,878% PC con respecto a las herbáceas presentes en el tratamiento, pudiendo ser mejor a medida que aumenta la edad, como lo

expresan Quiceno y Medina^[40]. Según Olabode et al^[41], con la edad, *Tithonia diversifolia* puede producir hasta 275 Ton de material verde (unas 55 Ton de MS) por hectárea por año.

A. decurrens muestra importantes beneficios dentro de los SSP, como buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, buena tasa de crecimiento, alta producción de leña y biomasa comestible de buena calidad; además, al ser leguminosa, fija nitrógeno atmosférico y recupera los suelos. Según Muñoz et al^[42], muchos agricultores de Pupiales y Puerres (Nariño, Colombia) reconocen esta cualidad de forma empírica, evidenciando en los cultivos un aumento en la producción sin aumentar la fertilización química.

T. diversifolia, considerada como una planta forrajera adecuada para la alimentación de rumiantes (bovinos, cabras, ovejas y búfalos), con alto nivel proteico, alta degradabilidad en el rumen, bajo contenido de fibra y niveles aceptables de sustancias antinutricionales, como fenoles y taninos. El follaje de este arbusto es rico en nitrógeno total, buena parte del cual está presente en aminoácidos y en baja proporción está ligado a la fibra dietética insoluble, según Calle y Murgueitio^[43]. Sin embargo, en las condiciones de la presente investigación, su inclusión no prosperó, debido a las difíciles condiciones del

suelo por cuanto presentó una alta compactación.

En el T3 se incluyó *A. decurrens* y *Sambucus nigra*. Esta última especie tuvo un nulo desarrollo en las condiciones de la presente investigación, lo cual se atribuye a la baja cantidad de agua existente en el lugar y el alto grado de compactación del suelo. El aporte de proteína por parte de *A. decurrens* mejoró la proteína de la oferta forrajera de T3 en 2% con respecto a la mezcla de herbáceas, con un contenido total de 9,09% de dieta (herbáceas + arbustivas).

Metabolitos secundarios

Con el fin de establecer el beneficio de las especies arbustivas en una implementación silvopastoril, se analizó metabolitos secundarios en los arbustos de su respectivo tratamiento (Tabla 8). La mayoría de las leguminosas contienen en su follaje sustancias antinutricionales, utilizadas como defensa para evitar el ataque de bacterias, hongos, virus, ramoneo y estrés ambiental. Cardozo-Vargas^[44] plantea como factores antinutricionales más conocidos: fenoles o taninos, saponinas, esteroides y alcaloides.

Tabla 8. Metabolitos secundarios de especies arbustivas establecidas en los diferentes tratamientos de un sistema silvopastoril altoandino en comparación con una pastura convencional en Meneses, Villamoreno, Buesaco, Colombia.

Ts.	Sp.	Saponinas			Fenoles			Esteroles			Alcaloides		
		a	b	c	d	E	f	g	h	i	j	k	l
1	<i>A.d.</i>	-	-	-	++	++	+++	-	-	-	-	-	-
2	<i>A.d.</i>	-	-	-	+++	++	+++	+++	-	-	-	-	-
2	<i>T.d.</i>	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
3	<i>A.d.</i>	-	-	-	+	++	++	+	-	+	-	-	-

Indicadores de presencia o ausencia. Negativo (-), bajo (+), moderado (++); abundante (+++).

Pruebas comparativas para la determinación de saponinas. Espuma (a), Rosenthaler (Vainillina - HCl) (b), Antrona (c); fenoles: Cloruro férrico (d), Gelatina-Sal (e), Acetato de plomo (f); esteroides: Libertmann Burchard (g), Rosenheim (h), Salkouski (i); alcaloides: Dragendorff (j), Warner (k), Mayer (l).

Saponinas. No se registró presencia de este grupo en ninguna de las especies arbustivas. Según Abreu-Guirado^[45], a las saponinas se les atribuye acción sobre el sistema respiratorio. Las saponinas se clasificaron antiguamente como algunos de los glucósidos vegetales que forman una espuma jabonosa cuando se mezclan y se agitan con agua, por lo que se han utilizado de forma rutinaria como detergente, espumante y emulsificantes.

Fenoles. En este trabajo se determinó la presencia de este grupo en las tres especies arbustivas

de T1, T2 y T3, siendo la *A. decurrens* la especie que mantuvo mayor cantidad de fenoles, aunque moderado; *T. diversifolia* mostró baja cantidad.

Los taninos son compuestos que hacen parte del grupo de los fenoles. Autores como Marquez-Lara y Suarez-Londoño^[46] han reportado que cantidades moderadas de taninos condensados producen efectos benéficos sobre el metabolismo de las proteínas en rumiantes, porque reducen la degradación de la dieta proteica en el rumen e incrementan la absorción de aminoácidos en el intestino delgado.

Esteroides. Estos compuestos resultaron moderados para *A. decurrens* y bajos para *T. diversifolia*. Muchas evidencias experimentales han mostrado que los esteroides vegetales tienen un importante efecto hipocolesterolémico, reduciendo las concentraciones de colesterol total, al igual que las de LDL^[47]. El LDL (por sus siglas en inglés), corresponde a las lipoproteínas de baja densidad, conocido como colesterol

Artículo de Investigación

malo, porque un LDL alto indica gran acumulación de colesterol arterial.

Alcaloides. Al igual que en el grupo de las saponinas, este grupo no registró su presencia en ninguno de las especies arbustivas analizadas.

Estos compuestos anti nutricionales se desarrollan en plantas de zonas de bajo desarrollo

vegetal, impulsando la producción de compuestos tóxicos para sus predadores, como una característica de defensa, principalmente de herbívoros, ya que estos tomarían sus rebrotes, evitando el crecimiento de la planta [48]. Entonces, se puede definir que aquellas plantas que carezcan de alcaloides son adecuadas para la ingesta de los herbívoros.

CONCLUSIONES

Los sistemas silvopastoriles (SSP) se muestran como una gran alternativa para la producción ganadera, mejorando la oferta de forraje comestible en MS por área, con alta diversidad de especies, y mayores porcentajes de proteína, fibra, y baja cantidad de metabolitos secundarios, mostrando que las especies forrajeras utilizadas en esta investigación son óptimas para el consumo animal. Por lo tanto, se tendrá un alto beneficio para el productor ganadero, ya que podría tener una mayor capacidad de carga, mejorar el bienestar animal de sus animales, y obtener mejores ingresos económicos.

Para una implementación silvopastoril con potencial forrajero, es primordial tener en cuenta que las especies arbustivas y/o arbóreas utilizadas estén adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales.

Un arreglo silvopastoril es una implementación de un cultivo, por lo cual es importante preparar mediante laboreo el terreno a cultivar, para así favorecer sus propiedades físicas y potenciar el crecimiento radicular de las plantas a utilizar en el sistema, beneficiando su desarrollo y crecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN). Plan de desarrollo ganadero 2014 – 2019: Por una ganadería moderna, sostenible y solidaria. Bogotá; 2014.
- [2] Sánchez A. Silvopastoreo una alternativa para el ambiente y la producción: Silvopastoreo y producción animal. Zoociencia; 2016. 3(2): 22-29.
- [3] Londoño M, Velázquez R, Giraldo L. Suplementación de novillas de levante con *Acacia decurrens*. Investigación de CONISILVO, Financiada por CINDEC de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y PRONATTA/Banco Mundial. Zootecnistas Universidad Nacional S.A. Pag.1. http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006112712542_Suplementacion%20de%20novillas%20levante%20Acacia%20Decurrens.pdf
- [4] Holdridge L. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). Serie de libros y materiales educativos; 1978, No. 34.
- [5] Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza; 2001. 84 p. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- [6] Rúa M. ¿Cómo aforar un potrero para pastorear correctamente? Sitio Argentino de producción animal; 2010. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/139-AFORAR_POTRERO.pdf
- [7] Gálvez-Cerón LA, Lagos Rosero NY, Armero Hernández HC. Caracterización del componente herbáceo y arbustivo de un sistema silvopastoril por regeneración natural en una zona de bosque seco tropical (bs-t) del departamento de Nariño. Trabajo de grado en la modalidad de investigación presentado como requisito parcial para optar por el título de Zootecnista.

- Pasto, Colombia; Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia; 2014. <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90524.pdf>
- [8] Domínguez A. Métodos de investigación fitoquímica. Mexico, Limusa; 1993. p 149-159.
- [9] Vélez JA, Noguera MA. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. Revista de Ciencias Agrícolas; 2011. 28 (1): 40-52.
- [10] Villanueva C, Ibrahim M. Evaluación del impacto de los sistemas silvopastoriles sobre la recuperación de pasturas degradadas y su contribución en el secuestro de carbono en lecherías de altura en Costa Rica. Agroforestería de las Américas; 2002. 9: 35-36.
- [11] Lal R. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. Soil Management Support Services; 1994. (631.4): L193m.
- [12] Demuner-Molina G, Cadena-Zapata M, Campos-Magaña SG. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias; 2013. 22 (Esp.): 68-71.
- [13] Sellés VS, Ferreyra GR, Ruiz SR, Ferreyra BR, Ahumada BR. Compactación de suelos y su control: Estudio de casos en el Valle de Aconcagua. Santiago de Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina; 2012. Boletín INIA N° 234, 53 p. <http://www2.inia.cl/medios/platina/boletin/NR38259.pdf>
- [14] Lovera-Chávez M, Ramírez-Rodríguez NA. Comparación de la densidad de hongos y bacterias celulolíticas entre algunos usos del suelo (departamento de Córdoba). Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera Microbiología Industrial; 2009. 11 p.
- [15] Arteaga N, Castillo J. Comportamiento de variables químicas de un suelo sometido a distintos usos. Rev. Cienc. Agr.; 2016. 33 (2): 62-75.
- [16] Gómez ME, Rodríguez L, Murgueitio E, Ríos CI, Rosales-Méndez M, Molina C, Molina CH, Molina E, Molina JP. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica”. Cali, Colombia, Fundación CIPAV; 2002.
- [17] González JM. Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (sspi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México). Avances en Investigación Agropecuaria; 2013. 17 (3): 35-50. <http://www.re-dalyc.org/pdf/837/83728497004.pdf>
- [18] Leyva-Rodríguez SL. Valoración de indicadores de calidad para el diseño e implementación de tecnologías de manejo en Luvisoles de la zona norte de la provincia de Las Tunas, Cuba. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 2013. 42 p. http://oa.upm.es/21915/1/SANTA_LAURA_LEYVA_RODRIGUEZ.pdf
- [19] Silberman JE. Diversidad microbiana y materia orgánica del suelo en sistemas silvopastoriles de la Región Chaqueña. Tesis para acceder al título de Doctor en Ciencias Agrarias y Forestales. La Plata, Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales; 2016. 54 p. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/55679/Documento_completo.pdfPDFA.pdf?sequence=3
- [20] Gálvez-Cerón LA, Reina-López A, Meneses-Estrada E. Cuantificación de macrofauna del suelo en un sistema silvopastoril comparado con un sistema convencional en una zona de bosque seco tropical (bs-T). Revista Investigación Pecuaria; 2016. 4 (2): 13-25.
- [21] Pérez MA. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos; Guía metodológica: Herramienta para la Gestión de Sistemas Agrícolas desde la perspectiva de la Agroecología. Bogotá, Corporación Ambiental Empresarial; 2010. 39 p.

Artículo de Investigación

- [22] Bueno-Villegas J. Diplopodos: Los desconocidos formadores de suelos. Biodiversitas; 2012. 102: 1-5. ISSN: 1870-1760. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7281.pdf>
- [23] Fernandez F, Sharkey MJ. Introducción de los Hymenoptera de la Región Neotropical. Bogotá, Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia; 2006. 894 p.
- [24] Aguirre-Segura A, Barranco-Vega P. Orden Orthoptera. Clase Insecta. Revista IDE@ - SEA; 2015. 46: 1–13. ISSN: 2386-7183. http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_46.pdf
- [25] Melic A, Barrientos JA, Morano E, Urones C. Orden Araneae, Clase Arachnida. Revista IDE@-SEA; 2015. 11: 1-13. ISSN: 2386-7183. http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_11.pdf
- [26] Orellana-Lara J. Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de Sacta. Trabajo de grado Técnico superior forestal. Cochabamba-Bolivia, Universidad Mayor de San Simón, Escuela de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrícolas Forestales y Veterinarias; 2009. 33 p. <http://www.posgradosesfor.umss.edu.bo/boletin/umss/05%20PASANTIAS/6%20pasantia.pdf>
- [27] García C, Suarez C, Daza M. Estructura y diversidad florística de dos Bosques Naturales. Artículo de Reporte de Casos. Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2010. 8 (1): 74-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a10.pdf>
- [28] Albino-García C, Cervantes H, López M, Ríos-Casanova L, Lira F. Patrones de diversidad y aspectos etnobotánicos de las plantas arvenses del valle de Tehuacán-Cuicatlán: el caso de San Rafael, municipio de Coxcatlán, Puebla. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO). 2010.
- [29] Nacional Autónoma de México. Revista Mexicana de Biodiversidad; 2011. 82: 1005-1019. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v82n3/v82n3a25.pdf>
- [30] Chase A, Luces de Febres Z. Primer libro de las gramíneas. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA; 1972. 19 p.
- [31] Pretel MT, Sanchez M, Perez V, Obon C. Usos y propiedades de plantas comestibles silvestres de la familia asterácea; Etnobotánica y gastronomía tradicional en el sureste español. Alicante, España, Universidad Miguel Hernández, Departamento de Biología Aplicada; 2008. https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_2008_207_46_53.pdf
- [32] Rodríguez G, Patiño R, Altahona L, Gil J. Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia. Rev. Colombiana. Cienc. Anim.; 2011. 249-259.
- [33] Misra RK, Alston AM, Dexter AR. Root growth and phosphorus uptake in relation to the size and strength of soil aggregates. I. Experimental studies. Soil and Tillage Research; 1988. 11 (2): 103-116.
- [34] Fernández J, Zapata A, Giraldo L. Uso de la *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras, en clima frío de Colombia. Universidad de Colombia sede Medellín. Facultad de ciencias Agropecuarias, Departamento de producción animal, CONISILVO (Consortio para la investigación y desarrollo de sistemas silvopastoriles); 1999. http://bibliotecadigital.agro-net.gov.co/bitstream/11348/3901/1/20061127121231_Uso%20acacia%20decurrens%20suplemento%20alimenticio%20vacas.pdf
- [35] Mahecha L, Rosales M. Valor Nutricional del Follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la Producción Animal en el Trópico. Livestock Research for Rural Development; 2005. 17:100. <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>

- [36] Grajales-Atehortúa BM, Botero-Galvis MM, Ramírez-Quirama JF. Características, manejo, usos y beneficios del saúco (*Sambucus nigra* L.) con énfasis en su implementación en sistemas silvopastoriles del Trópico Alto. Corantioquia. Subdirección de Gestión Ambiental. Medellín, Colombia: 2 Interventoría. Medellín, Colegio Mayor de Antioquia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); 2015. <file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet-CaracteristicasManejoUsosYBeneficiosDelSaucoSambuc-5590938.pdf>
- [37] Córdoba C, Murgueitio E, Uribe F, Naranjo J, Cuartas C. Productividad vegetal y animal bajo sistemas de pastoreo tradicional y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en el Caribe seco colombiano. Technical Meeting/CATIE; 2010. (15): 160.
- [38] Mahecha L, Durán CV, Rosales M. Análisis de la relación planta-animal desde el punto de vista nutricional en un sistema silvopastoril de *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. Acta Agronómica; 2000. 50 (1-2): 59-70. <http://www.fao.org/ag/Aga/agap/frg/AGROFOR1/Mahech20.PDF>
- [39] Lucero CE. Evaluación agronómica de *G. ulmifolia* a dos densidades de siembra en sistemas silvopastoriles con *B. arrecta*; Tulenapa: CORPOICA; 2006. 12 p. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3895/1/20061024154844_Densidades%20de%20siembra%20sistema%20silvopastoril.pdf
- [40] Quiceno J, Medina M. La *Acacia decurrens* Will fuente potencial de biomasa nutritiva para la ganadería del trópico de altura. Livestock research for rural development; 2006. 18 (12): <http://www.lrrd.org/lrrd18/12/quic18166.htm>
- [41] Olabode OS, Ogunyemi S, Akanbi WB, Adesina GO, Babajide PA. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) a gray for soil improvement. World Journal of Agricultural Sciences; 2007. (4): 503-507. <https://pdfs.semanticscholar.org/0d9b/e6920f9fa8c05bfdaba9786a5af1ab93ef16.pdf>
- [42] Muñoz D, Calvache D, Yela J. Especies forestales con potencial agroforestal para las zonas altas en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas; 2013. 29 (1): 38 – 53.
- [43] Calle Z, Murgueitio, E. El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (Cipav): Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo. Fundación Cipav; 2008. 55 p. http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/Boton_de_Oro_y_Ganaderia.pdf
- [44] Cardozo-Vargas, J. El matarratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de rumiantes. Monografía Especialización. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Especialización Nutrición Animal Sostenible. Bogotá; 2013. [file:///C:/Users/Personal/Desktop/EL%20MATARRATON%20\(Gliricidia%20sepium\)%20EN%20LA%20ALIMENTACION%20DE.pdf](file:///C:/Users/Personal/Desktop/EL%20MATARRATON%20(Gliricidia%20sepium)%20EN%20LA%20ALIMENTACION%20DE.pdf)
- [45] Abreu-Guirado O. Potencial medicinal del género *Sapindus* L. (*Sapindaceae*) y de la especie *Sapindus saponaria* L. Rev Cubana Plant Med; 2005. <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v10n3-4/pla093-405.pdf>
- [46] Marquez-Lara D, Suarez-Londoño A. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. Revista de Medicina Veterinaria. 2008: 16.
- [47] Moghadasian MH. Pharmacological properties of plant sterols: in vivo and in vitro observations. Life Sciences; 2000. 67 (6): 605-615.
- [48] Ramos GP, Frutos FJ, Giráldez, Mantecón. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. España, Estación Agrícola Experimental, CSIC; 1988.