

CALIDAD PRODUCTIVA Y BROMATOLÓGICA DE LA ASOCIACIÓN DE CLITORIA TERNATEA CON MEGATHYRSUS MAXIMUS Y BRACHIARIA DECUMBENS EN CONDICIONES DEL TRÓPICO HÚMEDO ECUATORIANO

PRODUCTIVE AND BROMATOLOGICAL QUALITY OF CLITORIA TERNATEA ASSOCIATION WITH MEGATHYRSUS MAXIMUS AND BRACHIARIA DECUMBENS UNDER ECUADORIAN HUMID TROPIC CONDITIONS

Guido Rodolfo Álvarez Perdomo ^{1*}

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7072-9110>.
Correo: galvarez@uteq.edu.ec

Diego Javier Conrado Palma ²

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1917-0814>.
Correo: dconradop@uteq.edu.ec

Matheus Zair Pacheco Ulloa ³

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0865-4291>.
Correo: mpachecou@uteq.edu.ec

Julio César Vargas Burgos ⁴

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2789-8730>.
Correo: jcvargas@uteq.edu.ec

* Autor para correspondencia: jcvargas@uteq.edu.ec

Resumen

El objetivo fue determinar el comportamiento productivo y composición bromatológica de la asociación de *Clitoria ternatea* con *Megathyrsus maximus* y *Brachiaria decumbens*. Se utilizaron ocho parcelas (4×4 m) de dos años de establecimiento, en diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×3 (asociaciones × edades de rebrote: 80, 110 y 140 días). Se evaluó peso de raíz, biomasa total, rendimiento en materia seca,

relación hoja/tallo y composición bromatológica. Existió interacción significativa ($P < 0.05$) asociación $\times$ edad. La asociación *M. maximus* + *C. ternatea* a los 140 días registró los mayores valores: peso de raíz (0.80 t.ha^{-1}), biomasa total (5.98 t.ha^{-1}), rendimiento materia seca total (2.27 t.ha^{-1}), hojas (0.91 t.ha^{-1}) y tallos (1.30 t.ha^{-1}). La proteína bruta, hemicelulosa y contenido celular disminuyeron con la madurez, mientras que FND, FAD, LAD y cenizas aumentaron. La digestibilidad y energía metabolizable fueron mayores a los 80 días en *M. maximus* + *C. ternatea* (48.42%, 49.71% y 7.12 MJ.kg^{-1} , respectivamente). La población de bacterias, actinomicetos, solubilizadores de P y fijadores de N fue superior en esta asociación. Se concluye que la asociación con *M. maximus* muestra mejor comportamiento productivo y nutricional, mejorando además las propiedades químicas y microbiológicas del suelo.

Palabras clave: Asociación pasto-leguminosa; calidad nutricional; materia seca; microbiología del suelo; forrajes tropicales

Abstract

The objective was to determine the productive behavior and bromatological composition of *Clitoria ternatea* association with *Megathyrsus maximus* and *Brachiaria decumbens*. Eight plots ($4 \times 4 \text{ m}$) of two years of establishment were used, in a completely randomized design with 2×3 factorial arrangement (associations $\times$ regrowth ages: 80, 110 and 140 days). Root weight, total biomass, dry matter yield, leaf/stem ratio and bromatological composition were evaluated. There was significant interaction ($P < 0.05$) association $\times$ age. The *M. maximus* + *C. ternatea* association at 140 days recorded the highest values: root weight (0.80 t.ha^{-1}), total biomass (5.98 t.ha^{-1}), total dry matter yield (2.27 t.ha^{-1}), leaves (0.91 t.ha^{-1}) and stems (1.30 t.ha^{-1}). Crude protein, hemicellulose and cell content decreased with maturity, while NDF, ADF, ADL and ash increased. Digestibility and metabolizable energy were higher at 80 days in *M. maximus* + *C. ternatea* (48.42%, 49.71% and 7.12 MJ.kg^{-1} , respectively). The population of bacteria, actinomycetes, P solubilizers and N fixers was higher in this association. It is concluded that the association with *M. maximus* shows better productive and nutritional behavior, also improving the chemical and microbiological properties of the soil.

Keywords: Grass-legume association; nutritional quality; dry matter; soil microbiology; tropical forages

Fecha de recibido: 29/05/2026

Fecha de aceptado: 01/07/2026

Fecha de publicado: 14/08/2026

Introducción

En Ecuador, la ganadería bovina ocupa un lugar importante en la economía por los ingresos que aporta y los empleos que genera (Álvarez-Perdomo et al., 2016). Debido al crecimiento poblacional constante, el desarrollo urbano y los sistemas de producción extensivos, ha sido necesario corregir su eficiencia e intensificar el uso racional de los recursos naturales (Díaz et al., 2025). Una manera de lograr esto consiste en

la renovación de áreas con pasturas mejoradas de mayor potencial que permitan intensificar los índices productivos de carne y leche (Carvajal-Tapia et al., 2023).

El aprovechamiento eficiente del pasto podría satisfacer gran parte de las necesidades nutritivas del ganado. Entre los recursos forrajeros de elevada productividad y amplia difusión se encuentran especies de los géneros *Megathyrsus* (Luo et al., 2023) y *Brachiaria* (Díaz et al., 2025), que son gramíneas que se adaptan a diferentes tipos de suelos. Aunque tienen alto potencial de producción, no siempre han dado los beneficios esperados debido al mal manejo de la pastura y la falta de asociaciones con leguminosas que permitan aumentar su valor nutricional (Peprah et al., 2021).

Una de las estrategias para mejorar la utilización de estas especies es su asociación con leguminosas volubles o rastreras debido a los conocidos efectos de esta familia en el rendimiento y valor nutritivo de las gramíneas, así como sus propiedades como mejoradoras de las condiciones del suelo (Luo et al., 2023). Por lo tanto, es necesario acentuar los esfuerzos en incrementar la diversidad en los pastizales (Seaton et al., 2022).

La asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas es una posibilidad para mejorar la disponibilidad de forraje durante el año y al mismo tiempo mejorar su calidad químico-nutricional (Peprah et al., 2021). Se ha demostrado que distintas asociaciones de gramíneas y leguminosas pueden ser más productivas que las pasturas de gramíneas solas, que la disponibilidad de forraje a través del año puede extenderse durante mayor tiempo aún en condiciones de precipitación estacional, y que la calidad nutritiva del forraje ofrecido es mejor que en gramíneas en monocultivos (Carvajal-Tapia et al., 2023).

Clitoria ternatea es una leguminosa forrajera de alta calidad proteica, referida como un "banco de proteína" tropical que puede cultivarse a bajo costo y que mejora la fertilidad del suelo (CGIAR, 2024). Esta especie ha demostrado ser altamente palatable y nutritiva para la alimentación de rumiantes en sistemas tropicales (Khanal et al., 2014).

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento productivo y composición bromatológica de la asociación de *Clitoria ternatea* con *Megathyrsus maximus* y *Brachiaria decumbens* en las condiciones edafoclimáticas del cantón Quevedo, Ecuador.

Materiales y métodos

Ecología experimental, recolección y preparación de la muestra

La presente investigación se ejecutó en la finca experimental "La María", de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 06' de latitud Sur y 79° 29' de longitud Oeste. A una altura de 73 metros sobre el nivel del mar. Con una duración de 180 días. Las características de la zona ecológica se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Características ecológicas del sitio de investigación

Ecología	Promedio Anual
Temperatura, máxima °C	29.33
Humedad Relativa, %	86.00
Heliofanía, horas/luz/año	994.40

Precipitación media, mm/año	1587.50
Clima	Tropical Húmedo
Zona Ecológica	Bosque Húmedo Tropical (BhT)
Topografía	Ligeramente Ondulado

Manejo del experimento

Para el estudio se utilizaron ocho parcelas (4x4 m, 16 m²) de dos años de establecimiento con las siguientes combinaciones *Megathyrsus maximus* + *Clitoria ternatea* y *Brachiaria decumbens* + *Clitoria ternatea*. Al inicio de la evaluación se realizó un corte de uniformidad a 10 cm de altura del suelo, con una distancia entre hileras y plantas de 0,5 m. Se realizaron controles de malezas de acuerdo a su presencia.

Procedimientos

Para la toma de muestras y evaluaciones se tuvo en cuenta el efecto de bordes 0,50 m por cada lado de la parcela (4x4 m). En las cuales se determinaron el peso de la raíz, biomasa total, rendimiento en materia seca total, de hojas y tallos (t-ha⁻¹); relación hoja/tallos y biomasa área/raíz, así como la composición bromatológica del forraje, química y microbiológica del suelo.

El peso de la raíz de las asociaciones gramíneas-leguminosas (kg), se obtuvo al considerar las raíces y raicillas de las unidades experimentales después de haber realizado el corte en los tres estados de madurez en estudio (80, 110 y 140 días) (Álvarez-Perdomo et al., 2016).

Para los indicadores productivos se cosechó la parcela la parte central en su totalidad dejando 0,50 m por cada lado para evitar el efecto de borde en cada edad de rebrote (80, 110 y 120 días). Una vez cortado el forraje se realizó el pesaje para determinar la biomasa total, posteriormente se procedió a separar de forma manual hojas y tallos, de los cuales se tomaron 2 kg de cada una de las fracciones y edades; y se trasladaron al laboratorio las cuales fueron secada durante 72 horas en una estufa de circulación de aire forzado a 65 °C. Para luego determinar el rendimiento en materia seca total (RMST), de hojas y tallos.

Determinación de la composición química

Las muestras después de recolectadas se secaron en estufa de circulación de aire forzada a 65 °C durante 72 horas, posteriormente se molieron a un tamaño de partícula de 1mm y almacenadas en frascos de color ámbar hasta su análisis en el laboratorio en el cual se determinaron: MS, PB, ceniza, MO, P, Ca de acuerdo con AOAC (2005); FDN, FDA, LAD, celulosa (Cel), hemicelulosa (Hcel) y contenido celular (CC) según Goering y Van Soest (1970); la digestibilidad de la materia seca y orgánica se cuantificó mediante Aumont et al. (1995) y la energía metabolizable, neta lactación y engorde se establecieron según Cáceres y González (2000). Todos los análisis se realizaron por duplicado y por réplica.

Análisis físico, químico y microbiológico del suelo

Para las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo se tomaron muestras a dos profundidades (0-30; 30-60 cm) La textura se determinó por el método del hidrómetro, y la densidad aparente, por el del cilindro de volumen conocido (Murillo et al., 2014).

El nitrógeno, mediante la técnica de Kjeldhal (USDA, 2022); Se determinó P (Pérez et al., 2019), Fe, K, Ca y Mg (Molero et al., 2008) y los elementos manganeso, zinc y cobre, por el método de extracción de Olsen modificado (USDA, 2022).

Por otra parte, las características microbiológicas se determinaron a partir del recuento en placa de diluciones seriadas del suelo, según (Murillo et al., 2014) para el conteo de bacterias, hongos y actinomicetos.

Tratamientos y Diseño Experimental

Se empleó un diseño de completamente aleatorizado con arreglo factorial de 2x3: A: Asociaciones (*Megathyrsus maximus* + *Clitoria ternatea* y *Brachiaria decumbens* + *Clitoria ternatea*) y B: Edades de corte de 80, 110 y 140 días.

Se realizó análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental y los valores medios se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (1955). Para la distribución normal de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y para las varianzas la prueba de Bartlett (1937).

Resultados y discusión

Para todos los indicadores de la productividad se encontró interacción ($P < 0.05$) asociación x edad de rebrote, los mayores valores para el peso de la raíz, biomasa, RMS total, hojas y tallos; fueron reportados para la asociación (*Megathyrsus maximus* + *Clitoria ternatea*) a los 180 días (0.80; 5.98; 2.27; 0.91 y 1.30 t.ha⁻¹, respectivamente). Se mantuvo un comportamiento similar para la relación hoja/tallo y biomasa aérea/raíz, con sus mejores resultados a los 80 y 110 días (1.5 y 7.48) (tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento productivo de las asociaciones de gramíneas y leguminosa

Asociaciones	Edad, días			EE ¹ ±	P
	80	110	180		
	Peso de la Raíz, t.ha ⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	0.55 ^c	0.62 ^b	0.80 ^a	0.034	0.0001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	0.33 ^e	0.42 ^d	0.59 ^c		
	Biomasa tota, t.ha ⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	2.78 ^d	4.64 ^b	5.98 ^a	0.012	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	1.96 ^e	2.88 ^d	3.79 ^c		
	Rendimiento de Materia seca, t.ha ⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	0.95 ^d	1.67 ^b	2.27 ^a	0.067	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	0.65 ^e	0.99 ^d	1.40 ^c		
	Rendimiento de hojas, t.ha ⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	0.57 ^c	0.75 ^b	0.91 ^a	0.003	0.0001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	0.36 ^e	0.48 ^d	0.55 ^c		
	Rendimiento de tallos, t.ha ⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	0.38 ^e	0.92 ^b	1.36 ^a	0.002	0.0001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	0.29 ^f	0.51 ^d	0.85 ^c		
	Relación hoja/tallo				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	1.5 ^a	0.82 ^d	0.67 ^e	0.0025	0.002
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	1.24 ^b	0.94 ^c	0.65 ^e		

	Relación biomasa aérea/raíz				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	5.05 ^c	7.48 ^a	7.47 ^a	0.955	0.03
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	5.94 ^c	6.86 ^b	6.42 ^b		

abcde Valores con letras desiguales difieren para $P < 0.05$ (Duncan, 1955) EE¹, error estándar de interacción asociación x edad

Tabla 3. Composición química de las asociaciones *M. maximus* + *C. ternatea* y *B. decumbens* + *C. ternatea*

Asociaciones	Edad, días			EE ¹ ±	P
	80	110	180		
	PB, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	10.15 ^a	8.85 ^c	7.05 ^d	0.064	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	9.06 ^b	7.88 ^d	6.34 ^e		
	FND, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	65.78 ^d	67.36 ^b	68.34 ^a	0.812	0.0001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	62.25 ^f	64.76 ^e	66.44 ^c		
	FAD, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	33.65 ^c	36.12 ^b	38.27 ^a	0.976	0.011
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	31.45 ^d	34.66 ^c	36.35 ^b		
	LAD, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	1.66 ^e	2.44 ^d	4.12 ^b	0.366	0.022
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	1.55 ^e	3.22 ^c	5.04 ^a		
	Celulosa, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	31.99 ^b	33.68 ^a	34.15 ^a	0.782	0.041
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	29.99 ^c	31.44 ^b	31.61 ^b		
	Hemicelulosa, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	32.13 ^a	31.24 ^b	30.07 ^c	0.725	0.036
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	30.80 ^{bc}	30.10 ^c	29.79 ^c		
	Contenido celular, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	34.22 ^{bc}	32.64 ^{de}	31.66 ^e	1.055	0.038
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	37.75 ^a	35.24 ^b	33.56 ^{cd}		
	Ceniza, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	9.25 ^d	10.66 ^{bc}	11.89 ^{ab}	0.792	0.028
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	10.06 ^c	11.22 ^b	12.66 ^a		
	MO, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	90.75 ^a	89.34 ^{bc}	88.11 ^{de}	1.124	0.031
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	89.94 ^{ab}	88.78 ^{cd}	87.34 ^e		

abcde Valores con letras desiguales difieren para $P < 0.05$ (Duncan, 1955) EE¹, error estándar de interacción asociación x edad

La composición química (tabla 3) mostró interacción ($P < 0.05$), en la asociación x edad de rebrote en todos los indicadores evaluados. Donde experimentaron disminución con la madurez la PB, Hcel, CC y MO con los mayores valores a los 80 días de 10.15; 32.13 y 90.75% para proteína, hemicelulosa y materia orgánica en la combinación *M. maximus*+*C. ternatea* y para el contenido celular 37.75% para *B. decumbens*+*C. ternatea*. Mientras que, el resto de los componentes de la pared celular FND, FAD, LAD, Cel y ceniza incrementaron sus valores con la edad del vegetal (180 días) con 68.34; 38.27 y 34.15% para FND, FAD y Celulosa en la

combinación *M. maximus*+*C. ternatea*. Así como, 5.04 y 12.66 % para LAD y Ceniza para *B. decumbens*+*C. ternatea*.

Con la edad de rebrote la digestibilidad y aporte energético de las asociaciones disminuyeron, con los valores más altos a los 80 días y la asociación *M. maximus*+*C. ternatea* 48.42; 49.71%; 7.12; 3.96 y 3.44 MJ.kg⁻¹, respectivamente; para DMS, DMO, EM, ENL y ENE (tabla 4).

Tabla 4. Calidad de las asociaciones *M. maximus* + *C. ternatea* y *B. decumbens* + *C. ternatea*

Asociaciones	Edad, días			EE ¹ ±	P
	80	110	180		
	DMS, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	48.42 ^a	45.66 ^b	43.40 ^c	0.986	0.01
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	45.65 ^b	42.77 ^c	41.12 ^d		
	DMO, %				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	49.71 ^a	46.99 ^b	44.79 ^c	0.812	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	46.98 ^b	44.17 ^c	42.57 ^d		
	EM, MJ.kg⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	7.12 ^a	6.70 ^b	6.36 ^c	0.056	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	6.69 ^b	6.26 ^c	6.01 ^d		
	ENL, MJ.kg⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	3.96 ^a	3.66 ^b	3.42 ^c	0.019	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	3.65 ^b	3.35 ^c	3.18 ^d		
	ENE, MJ.kg⁻¹				
<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>	3.44 ^a	3.07 ^b	2.77 ^c	0.055	0.001
<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	3.06 ^b	2.69 ^c	2.47 ^d		

^{abcde} Valores con letras desiguales difieren para P<0.05 (Duncan, 1955); EE¹, error estándar de interacción asociación x edad

Los análisis de suelo (tabla 5) después de la asociación en el área experimental, arrojó como resultado clase textural franco limoso con una materia orgánica del 3.87% y con un nitrógeno total del 0.19. Las concentraciones de K, Ca, Mg y P corresponden al 1.02; 3.10; 0.49 cmol.kg⁻¹ y 27.0 mg.kg⁻¹, respectivamente. Las mayores cantidades de minerales fueron de 12.0 mg.kg⁻¹ Fe y 9.2 mg.kg⁻¹ Mn.

Los análisis microbiológicos (tabla 6) de las asociaciones pasto-leguminosa, donde se puede observar que a los 80 días la asociación de *M. maximus*+*C. ternatea* presenta una población de bacterias, actinomicetos, Solubilizadores de P y fijadores de N asimbiótico superior al de la asociación *B. decumbens*+*C. ternatea* con 3.9 x 10⁵; 4.7 x 10⁶; 3.5 x 10⁴ y 1.6 x 10³, respectivamente.

Tabla 5. Composición del suelo después de la asociación

Parámetros	Franco limoso	DE±
Clase textural		
Materia orgánica, %	3.87	0.066
Nitrógeno total, %	0.19	0.005
Potasio (asimilable), cmol.kg ⁻¹	1.02	0.78
Calcio (asimilable), cmol.kg ⁻¹	3.10	0.67
Magnesio, cmol.kg ⁻¹	0.49	0.0012

Fósforo, mg.kg ⁻¹	27.0	3.34
Hierro, mg.kg ⁻¹	12.0	1.23
Manganeso, mg.kg ⁻¹	9.2	0.987
Cobre, mg.kg ⁻¹	3.3	0.45
Zinc, mg.kg ⁻¹	4.9	0.745

Tabla 6. Composición microbiológica del suelo después de las asociaciones

	<i>M. maximus</i> + <i>C. ternatea</i>		<i>B. decumbens</i> + <i>C. ternatea</i>	
	80	140	80	140
Actinomicetos, UFC.g ⁻¹	3.9 x 10 ⁵	5.2 x 10 ⁵	2.1 x 10 ⁵	9.8 x 10 ⁵
Hongos, UFC.g ⁻¹	4.7 x 10 ⁶	7.2 x 10 ⁶	3.8 x 10 ⁷	4.4 x 10 ⁷
Celulolíticos, UFC.g ⁻¹	1.4 x 10 ⁴	1.8 x 10 ⁴	1.6 x 10 ⁴	3.1 x 10 ⁴
Solubilizadores de P, UFC.g ⁻¹	1.0 x 10 ⁵	1.3 x 10 ⁶	1.5 x 10 ⁶	2.1 x 10 ⁶
Fijadores de N asimbiótico, UFC.g ⁻¹	3.5 x 10 ⁴	2.6 x 10 ⁴	1.2 x 10 ⁴	1.9 x 10 ⁴
Bacterias, UFC.g ⁻¹	1.6 x 10 ³	1.8 x 10 ³	1.3 x 10 ⁴	1.6 x 10 ⁴

Para las poblaciones de hongos y celulolíticos la asociación *B. decumbens*+*C. ternatea* obtuvo el mejor índice con 1.6×10^4 y 1.5×10^6 . El porcentaje de colonización y densidad de endófitos fue mayor en la asociación de *M. maximus*+*C. ternatea* con 44.12 y 1.04 en su orden.

Discusión

Los incrementos encontrados en los indicadores evaluados del rendimiento (tabla 2) fueron similares a los reportes de Díaz-Castillo et al. (2014); Álvarez-Perdomo et al. (2016) y Hernández-Hernández et al. (2020), los que atribuyen el comportamiento de los procesos fotosintéticos y las síntesis de carbohidratos estructurales y polifenoles, que ocurren en la planta; y por consiguiente se produce la acumulación de materia seca. Estos observaron que estas producciones fueron mayores que cuando se utilizaron diferentes leguminosas en dichas mezclas, lo que explica los resultados en este trabajo; aunque factores como el suelo, clima, manejo, entre otros, influyen en este comportamiento. Por su parte, Merchant-Fuentes y Solano-Vergara (2016), señalan que, una de las razones por las cuales se usan praderas con una sola especie obedece a que se puede estimar una producción de forraje en un tiempo determinado. En cambio, en una pradera conformada por varias especies, el rendimiento de forraje fluctúa de acuerdo a las características productivas, tiempo de recuperación, respuesta a la fertilización, entre otros factores intrínsecos de cada una de las especies.

Apráez et al. (2014), en asociaciones de gramíneas (*Holcus lanatus* y *Dactylis glomerata*) y leguminosas (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*), notificaron al analizar la producción, durante los tres cortes, se observó que en el primero fue menor en la mayoría de las combinaciones en comparación con el segundo y tercer corte, lo cual se explica por la baja pluviosidad durante esta época, con 28.68 mm; sin embargo, las asociaciones con *T. repens* mostraron tolerancia a estas condiciones. En el segundo corte hubo mayor pluviosidad (100.4 mm), y se observó que las asociaciones expresaron mayor rendimiento de forraje que las gramíneas en monocultivo. Se sostienen que las condiciones climáticas como la precipitación y la humedad relativa juegan un papel decisivo en la producción de biomasa. Donde uno de los factores que

perjudiciales con más peso en el crecimiento de las gramíneas en el trópico es la distribución anual de las precipitaciones, que reducen hasta en un 40% la producción de forraje verde.

En este sentido Ortega-Aguirre et al. (2015); López et al. (2018); Eleuterio-Vásquez et al. (2020), en *Brachiaria híbrido* cv Mulato I, *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Brachiaria mutica*, *Megathyrsus maximus* cv Tanzania y Mombaza, *Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* en condiciones de monocultivo entre 4 y 8 t.ha⁻¹ de materia seca, resultados superiores a los encontrados en la actual investigación las producciones depende de las condiciones climáticas, fertilidad, drenaje del suelo, edad de corte. El rendimiento de MS muestra una relación directa con la variable altura de planta, lo que muestra que el incremento en altura de planta va acompañado de un incremento en la biomasa estructural (tallos) y foliar (hojas). Estos resultados muestran el comportamiento productivo de las especies en ausencia de fertilización y suplementación de agua.

La variabilidad en las relaciones biomasa área/raíz y la relación hoja/tallo se debe al incremento de la proporción de leguminosas en la asociación, estudios relacionados Álvarez-Perdomo et al. (2016); Ordoñez-Flores et al. (2019), al combinar *M. maximus* con *C. pubescens* y *P. phaseloides* notificaron incrementos de estos indicadores hasta edades intermedias para luego disminuir. Además señalan que a partir de los 45 días, que la población total de pasto y de las fabáceas se aumentó, favorecido por las condiciones climáticas y la presencia de las plantas acompañantes, pero en la medida que avanzó la edad las gramíneas, experimentaron un decrecimiento relacionado con habilidades competitivas de las especies al observarse una presencia de 41 % de las plantas volubles, por lo que recomiendan que es necesario desarrollar prácticas adecuadas de manejo que permitan mantener la estabilidad de la asociación.

En cuanto a la variabilidad encontrada incremento de la pared celular y disminución de la proteína, contenido celular y materia orgánica (tabla 3) Hernández-Hernández et al. (2020), encontraron incrementos de la pared celular con la edad, 74 y 44 %, para la FND y FAD, y disminución de la PB en un 3% (7 % a los 50 días de rebrote) aunque fue mayor durante la estación seca; al evaluar la asociación de *M. maximus* y *L. leucocephala* en un sistema silvopastoril. Los que platearon que, la época definió la calidad nutritiva de la biomasa; en el follaje de los árboles se observó un efecto marcado en los niveles de proteína que fueron más altos (hasta 8 puntos porcentuales) en la época seca. En la gramínea, el mayor efecto de la época se manifestó en menores cantidades de FDN y FDA en la época seca; también en que, durante las lluvias, las fracciones de fibra se mantuvieron estables durante los primeros 40 días y aumentaron significativamente hasta los 50 días, en cambio, en la época seca el contenido de las fracciones de fibras aumentó gradualmente a través del tiempo (de los intervalos). Una mayor calidad nutritiva de la biomasa en la época seca puede atribuirse a que el déficit de agua limita el crecimiento de las plantas retardando la madurez de las plantas, y al haber menor crecimiento hay menor demanda de metabolitos del contenido celular para formar tejido estructural, de ahí que las fracciones FDN y FDA resultan más estable en la época seca.

Por su parte, Apráez et al. (2014); Álvarez-Perdomo et al. (2016), encontraron en asociaciones de las gramíneas (*Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata*, *Megathyrsus maximus*) y las leguminosas (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseloides*) mejoras en la composición química a favor de las combinaciones de las diferentes especies en comparación con las gramíneas en monocultivo. Esto se debe a las condiciones experimentales y la presencia de las leguminosas, las que mejoraron la calidad de la gramínea.

La variabilidad en los indicadores de calidad (digestibilidad y aporte energético) (tabla 4) fue reportado por Valles-de la Mora et al. (2016), quienes al evaluar el efecto de la estacionalidad en la calidad de *Megathyrsus maximus* vc Tanzania a través del año, establecieron tres períodos (marzo-junio, 200 mm y 30 °C; agosto-noviembre, 400 mm 32 °C y enero-abril, 80 mm y 28 °C) donde los mejores resultados fueron para el intervalo enero-abril de menor precipitaciones y temperatura media con digestibilidad de 73.8 % y una diferencia de 14.1 unidades porcentuales con respecto al período de mayores lluvias mientras que, el mejor aporte energético fue para el de mayores precipitaciones (agosto-noviembre) con 6.03 MJ/kg. En este sentido, en condiciones de la amazonia ecuatoriana Moyano-Tapia et al. (2020) no encontraron afectaciones en digestibilidad MS, MO, PB y FND al combinar maní forrajero, con *Cenchrus purpureus* y *Brachiaria brizantha*.

Los valores de digestibilidad y aporte energético se encuentran en el rango de lo reportado en la literatura. Pero vale destacar que a pesar de las diferencias en precipitaciones entra ambas zonas la DMS presentó poca variación. Ortega-Aguirre et al. (2015) y Avellaneda-Cáceres et al. (2019) al estudiar cinco variedades de *Megathyrsus maximus* (Común, Tanzania, Enano, Mombaza y Tobiatá), no encontraron diferencias significativas al evaluar el efecto de la variedad en la digestibilidad reportando DMS por encima de 47%, los que consideraron que las causas de este comportamiento es la similitud constitutiva de los diferentes componentes celulares de la planta en función de la variedad, resultados similares a los obtenidos en esta investigación donde en los componentes fibrosos no presentaron diferencias entre zonas y variedad. Aspectos corroborados por Méndez-Martínez et al. (2020) y Reyes-Pérez et al. (2020) en variedades de *Megathyrsus* y *Brachiaria* en condiciones de la provincia del Guayas, Ecuador.

En la investigación, el suelo (tabla 5) no presentaba limitaciones importantes en el abastecimiento de nutrientes, ni en las propiedades agroquímicas desfavorables. No obstante, las mezclas implementadas parecen haber sido los responsables del efecto favorable sobre el incremento de N en el suelo y el crecimiento del forraje; datos que son similares a los notificados en el trópico (Núñez-Delgado et al., 2019). Las leguminosas tienen la capacidad establecer simbiosis con ciertas bacterias fijadoras de nitrógeno, estimando que su aporte es de alrededor de 600 kg N.ha⁻¹.año⁻¹. Lo que mejora las propiedades del suelo y favorece el crecimiento de gramíneas asociadas como *Megathyrsus maximus* con *Centrosema pubescens* y *Pueraria phaseloides* (Álvarez-Perdomo et al. 2016).

En la composición microbiológica de las asociaciones pasto-leguminosas bajo estudio se observa que las poblaciones de actinomicetos, solubilizadores de P y fijadores de N asimbiótico de la *Clitoria* con el pasto saboya son superiores al de la asociación con el pasto *Brachiaria* a los 80 y 140 días. Por otra parte, las poblaciones de hongos y celulolíticos presentan valores superiores en la asociación de *Clitoria* con *B. decumbens* en las dos edades bajo estudio. Los microorganismos del suelo son ecológicamente importantes, porque hacen parte de los ciclos biogeoquímicos del carbono, fósforo, nitrógeno, azufre y oxígeno. Estos elementos son esenciales para la nutrición de las plantas. Además, los microorganismos del suelo, están involucrados en la descomposición de la materia orgánica, la formación de asociaciones simbióticas, fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de fosfatos, producción de antibióticos y mantenimiento de un potencial de información genética amplio y todavía desconocido (Roncallo et al., 2012).

Los microorganismos del suelo fijadores de nitrógeno (bacterias, actinomicetos y cianobacterias) son productores de enzimas como la nitrogenasa; la cual, transforma el nitrógeno atmosférico (N₂) en amonio

(NH₄⁺), dejándolo disponible en el suelo. Este producto es absorbido por las raíces de las plantas para la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos. Los microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico actúan en forma libre o en asociaciones simbióticas con hongos (micorrizas) o con plantas (nódulos) (Cárdenas-Castro et al., 2019).

Conclusiones

En el presente estudio quedó evidenciado el efecto de la asociación de las leguminosas en la productividad, calidad nutricional, mejoramiento de la composición química. Con su mejor comportamiento para *M. maximus* por sus características que la hacen muy plástica y adaptable a las condiciones de sombra y acompañamiento de especies arvenses.

Se produce sin duda mejoras en las condiciones del suelo con ambas asociaciones donde se obtiene en el tiempo un incremento de las poblaciones de actinomicetos, hongos, celulolíticos, solubilizadores de fósforo, fijadores de nitrógeno y bacterias con los valores mayores a los 140 días.

Se recomienda tener en cuenta y manejar el crecimiento de las especies herbáceas ya que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las gramíneas durante la asociación.

Referencias

- Álvarez-Perdomo, G.R., Vivas-Moreira, R.L.G., Suárez-Fernández, G.R., Cabezas-Congo, R.R., Jacho-Macías, T.E., Llerena-Guevara, T.J., Valverde-Moreira, H.E., Moreira-Palacios, E.Y., García-Martínez, A.R., Chacón Marcheco, E. & Verdecia-Acosta, D.M. (2016). "Componentes del rendimiento y composición química de *Megathyrus maximus* en asociación con leguminosas". *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 17(12): 1-12. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121216/121626.pdf>
- AOAC. (2005). Official methods of analysis of AOAC International (18.a ed). AOAC International. <https://t.ly/3NZDV>
- Apráez, E., Alvear, C. y Díaz, N. (2014). Valoración productiva de algunas asociaciones de gramíneas y leguminosas. *Revista Ciencia Animal*, (8): 21-40. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1092&context=ca>
- Aumont, G., Caudron, I., Saminadin, G. & Xandé, A. (1995). "Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean". *Animal Feed Science and Technology*, 51(1-2):1-13. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)00688-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)00688-6)
- Avellaneda-Cáceres, A., Navarro, J.A. & Micheloud, J.F. (2019). "Impactación ruminal y abomasal en vacas de cría asociada al consumo de pasturas diferidas de *Megathyrus maximus* cv. Gatton". *Revista FAVE-Sección Ciencias Veterinaria*, 18(1): 12- 16, ISSN: 2362-5589. <https://doi.org/10.14409/favecv.v18i1.8234>
- Bartlett, M. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Serie A*, 160(2), 268–282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Cáceres, O. & González, E. (2000). "Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes

- tropicales". *Pastos y Forrajes*, 23(1): 87-92. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01190063/document>
- Cárdenas-Castro, E., Sánchez-Espinosa, J., Barrera-Cárdenas, F.A., Tenjo-Morales, A.I. & Espitia-Barrera, J.E. (2019). Efecto de la renovación de praderas con gramíneas y leguminosas sobre la concentración de microorganismos funcionales en suelos ácidos. *SUELOS ECUATORIALES* 49 (1 y 2): 1-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7831522>
- Díaz-Castillo, A., Torres-Cárdenas, V., Herrera-Gallo, S.M., Fernández-Chuairey, L. & Sarduy-García, L. 2014. Modelación del crecimiento de bovinos en pastoreo con gramíneas y leguminosas. *Zootecnia Tropical*, 32(4): 341-354. https://www.researchgate.net/profile/Aslam-Diaz-Castillo/publication/303365053_Modeling_the_growth_of_cattle_grazing_grasses_and_legumes/links/573e1f7308aea45ee842e6e8/Modeling-the-growth-of-cattle-grazing-grasses-and-legumes.pdf
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11(1), 1-42. <https://doi.org/10.2307/3001478>
- Eleuterio-Vásquez, S., Joaquín-Torres, B.M., Joaquín-Cancino, S. & Gómez-Vázquez, A. (2020). Guinea grass (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaza) seed production; plant spacing and its effect on yield and quality. *Agroproductividad*, 13(4): 41-46. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1584>
- Goering, H.K. & Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analyses: Apparatus, reagent, procedures and some applications. In: Agriculture Handbook No. 379. Ed. U.S.D.A. Agricultural Research Service, Department of Agriculture, United States of America, p. 20. <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87209099/PDF>
- Hernández-Hernández, M., López-Ortiz, S., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Elizalde, S., Díaz-Rivera, P. & Crosby Galván, M.M. (2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Rev Mex Cienc Pecu*, 11(1):53-69. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>
- López, G., Nuñez, J., Aguirre, L. & Flores, E. (2018). Dinámica de la producción primaria y valor nutritivo de tres gramíneas tropicales (*Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* y *Brachiaria mutica*) en tres estados fenológicos. *Rev Inv Vet Perú*, 29(2): 396-409 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14494>
- Massey, F.J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 4(543), 68-78. <https://www.jstor.org/stable/2280095>
- Méndez-Martínez, Y., Reyes-Pérez, J.J., Luna-Murillo, R.A., Verdecia, D.M., Espinoza-Coronel, A.L., Pincay-Ronquillo, W.J., Espinosa-Cunhay, K.A., Macías-Pettao, R.K. & Herrera, R.S. (2020). Effect of climate area on yield and quality of three varieties of *Megathyrsus maximus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(2): 1-12. <https://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/956/1037>
- Merchant-Fuentes, I. & Solano-Vergara, J.J. (2016). Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2 (1): 1-11. <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/15/19>
- Molero, M., Gutiérrez, L., Contreras, Q., Rondón, C., Carrero, P. & Rojas, E. (2008). Determinación de los

- niveles de: K, P, N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, y Mn en muestras de suelos y tejido foliar del cultivo Musa AAB, subgrupo plátano cv. 'Hartón'. *Producción Agropecuaria*, 1(1): 3-6. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwis0ZTNgMD7AhU0ZTABHXYD2QQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Finvestigacion.unesur.edu.ve%2Findex.php%2Frp%2Farticle%2Fdownload%2F28%2F20&usg=AOvVaw12E9xIFc0QHcw9dF9-dVyu>
- Moyano-Tapia, J.C., Miguez, J.P., Viafara, D. & Marini, P. (2020). Digestibilidad fecal aparente de ovinos Blackbelly en la etapa de engorde alimentados con forrajes amazónicos. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 9 (2). 55-61. <https://www.uea.edu.ec/revistas/index.php/racyt/article/view/133/138>
- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo-Rojas, L. & Bonilla, R.R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3): 270-278. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n3/pyf03314.pdf>
- Núñez-Delgado, Ñaupari-Vásquez, J. & Flores-Mariaz, E. (2019). Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). *Rev Inv Vet Perú*, 30(1): 178-192. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000100018
- Ordoñez-Flores, J.H., Huamán-Adriano, V.M. & Rojas-Egoavil. (2019). Establecimiento de una asociación de gramíneas y leguminosas forrajeras, sembradas con densidades de arveja (*Pisum sativum* L.) cv "Remate" en el Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 10(3): 383-391.DOI: 10.17268/sci.agropecu.2019.03.09
- Ortega-Aguirre, C.A., Lemus-Flores, C., Bugarín-Prado, J.O., Alejo-Santiago, G., Ramos-Quirarte, A., Grageola-Núñez, O. & Bonilla-Cárdenas, J.A. (2015). "Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(3): 291-301. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1935/980>
- Pérez, M., Guerra, L.D., Storniolo, R., Vanzolini, J. & Kloster, N. (2019). Comparación de métodos para determinación de fósforo extraíble en suelos de la región semiárida pampeana. *Cienc. Suelo (Argentina)*, 37 (1): 11-20. <http://www.suelos.org.ar/publicaciones/Volumen37n1/2-%20441%20WEB.pdf>
- Reyes-Pérez, J.J., Méndez-Martínez, Y., Luna-Murillo, R.A., Verdecia, D.M., Espinoza-Coronel, A.L., Pincay-Ronquillo, W.J., Espinosa-Cunuhay, K.A., Macías-Pettao, R.K. & Herrera, R.S. (2020). Yield and bromatological composition of three *Brachiaria* varieties in two areas of Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(3): 413-424. <http://cjas.science.com/index.php/CJAS/article/view/967/1094>
- Roncallo, F., Murillo, B., Rodríguez, J., Bonilla, G., Garrido, R.R. & Fernanda, M. (2012). Producción de forraje y respuesta animal en suelos del valle del Cesar en proceso de recuperación Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1): 89-96. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945032012.pdf>

- USDA. (2022). Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations. Version 6. Washington, DC: Department of Agriculture. Report No.42. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/SSIR42-v6-pt1.pdf>
- Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E. & Bernal-Barragán, H. (2016). "Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades". *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(2): 141-158. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v7n2/2448-6698-rmcp-7-02-00141-en.pdf>