

## Effect of climate area on yield and quality of three varieties of *Megathyrus maximus*

### Efecto de la zona climática en el rendimiento y calidad de tres variedades de *Megathyrus maximus*

Y. Méndez Martínez<sup>1\*</sup>, J.J. Reyes Pérez<sup>1</sup>, RA. Luna Murillo<sup>2</sup>, D.M. Verdecía<sup>3</sup>, A.L. Espinoza Coronel<sup>4</sup>, W.J. Pincay Ronquillo<sup>2</sup>, K.A. Espinosa Cunuhay<sup>2</sup>, R.K Macías Pettao<sup>2</sup> and R.S. Herrera<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná., La Maná, Ecuador

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Apartado Postal 21, Bayamo, C.P. 85 100, Granma, Cuba

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico Superior Ciudad de Valencia, Quevedo, Ecuador

<sup>5</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Y. Méndez-Martínez<sup>1\*</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-5365-5794>

J.J. Reyes-Pérez<sup>1</sup>: <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

RA. Luna-Murillo<sup>2</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-9078-9302>

D.M. Verdecía<sup>3</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-4505-4438>

A.L. Espinoza-Coronel<sup>4</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-6119-3796>

W.J. Pincay-Ronquillo<sup>2</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-4505-4438>

K.A. Espinosa-Cunuhay<sup>2</sup>: <https://orcid.org/0000-0003-3366-6477>

R.K Macías-Pettao<sup>2</sup>: <https://orcid.org/0000-0002-5188-9669>

R.S. Herrera<sup>5</sup>: <https://orcid.org/0000-0003-1424-6311>

Email: [ymendezmartinez@gmail.com](mailto:ymendezmartinez@gmail.com)

The effect of climatic area (Guayas and El Empalme) on quality indicators of three varieties of *Megathyrus maximus* (Common, Tanzania and Tobiata) was studied using a random block design with factorial arrangement (3x2). Yields of total dry matter, biomass, leaves and stems were determined, as well as height of the plant, length and width of leaves. Contents of DM, CP, NDF, ADF, ADL, cellulose (CEL), hemicellulose (HCEL), cellular content (CC), P, Ca, ash, OM, DMD, OMD, ME, NFE and leaf-stem, NDF/N and ADF/N relationships. There was a significant interaction ( $P < 0.0001$ ) between varieties and area, for some of the studied indicators. The highest DM and biomass yields were obtained in Tanzania in El Empalme (2.17 and 6.97 t / ha, respectively,  $P < 0.0001$ ), and those of PB were for Tanzania in Guayas (12.52%,  $P < 0.0001$ ), while cell wall components did not differ among varieties, only ADL was significant for Guayas (3.82 %,  $P < 0.004$ ). The effect of climatic area on yield and quality of forages was demonstrated in the current research, where the best performance of productivity and morphological development was obtained in the area with the highest rainfall (El Empalme), while quality was better for that with the lowest rainfall (Guayas). Although there were no differences for leaf growth, cell wall components, digestibility and energy contribution, its adaptability and potential in the different ecosystems are confirmed.

Key words: biomass, production, region, chemical composition, digestibility, energy

The growth of world population and increase of the demand for food pose important challenges for agriculture, where production will have to increase in 60% by 2050. For this, it would be necessary to use areas in the process of degradation and desertification,

Mediante un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (3x2) se estudió el efecto de la zona climática (Guayas y El Empalme) en los indicadores de la calidad de tres variedades de *Megathyrus maximus* (Común, Tanzania y Tobiata). Se determinaron los rendimientos de materia seca total, biomasa, hojas y tallos; altura de la planta; longitud y ancho de las hojas; los contenidos de MS, PB, FDN, FDA, LAD, celulosa (CEL), hemicelulosa (HCEL), contenido celular (CC), P, Ca, ceniza, MO, DMS, DMO, EM, ENL y las relaciones hoja-tallo, FDN/N y FDA/N. Hubo interacción significativa ( $P < 0.0001$ ) entre las variedades y la zona para algunos de los indicadores estudiados. Los mayores rendimientos de MS y de biomasa se obtuvieron en Tanzania en El Empalme (2,17 y 6,97 t/ha,  $P < 0.0001$ , respectivamente; de la PB fueron para la Tanzania en Guayas (12,52%,  $P < 0.0001$ ), mientras que los componentes de la pared celular no se difirieron entre las variedades, solo la LAD fue significativa para Guayas (3,82 %,  $P < 0.004$ ). El efecto de la zona climática en rendimiento y calidad de los forrajes quedó demostrado en la presente investigación, donde se obtuvo el mejor comportamiento de la productividad y desarrollo morfológico en la zona de mayores lluvias (Empalme), mientras que la calidad fue mejor para la de menor precipitación (Guayas). A pesar de que no se presentaron diferencias para el crecimiento de las hojas, componentes de la pared celular, digestibilidad y aporte energético se confirma su adaptabilidad y potencialidades en los diferentes ecosistemas.

Palabras clave: biomasa, producción, región, composición química, digestibilidad, energía

El crecimiento de la población mundial e incremento en la demanda de alimentos plantean importantes retos para la agricultura, donde la producción tendrá que aumentar en 60% para el 2050. Para ello, sería necesario emplear áreas en proceso de degradación y desertificación,

with the scoop to produce more, using fewer natural resources (water and soil), and using tolerant and adaptable varieties to the changing climate. Therefore, the objective of agriculture must consider productivity, rural development, environment and social justice (Morales-Velazco *et al.* 2016).

Productivity of livestock systems has tended to decline, as a consequence of the implementation of inappropriate systems and the use of low fertility soils, in which naturalized or non-adapted species were planted, generating little productivity (Tapasco *et al.* 2015).

On the other hand, it has been estimated that around half of pastures are degraded to some degree, caused by several reasons, or combinations of them, such as introduction of forage species, not adapted to the region, poor pasture management, soil compaction, erosion and fertility reduction, among other aspects that further reduce livestock productivity in the region (Arango *et al.* 2016).

In Latin America, it is considered that it is not economical to feed cattle with concentrates and it is decided, as a practical way to increase food production for ruminants, the planting of new species of pasture and forage with greater adaptability and productive potential. This can be obtained by improving the species used for this purpose, and from those that often have high quality and are not used in animal feed (Ramírez *et al.* 2017).

Hence, the introduction of new species and varieties of higher yield and quality such as *Megathyrsus maximus*, in several regions of Ecuador, is necessary to improve the low production and quality of naturalized pastures, abundant in livestock production systems. However, its productive potential, chemical composition, digestibility and energy contribution are not known, as well as its adaptability in different climatic areas. Therefore, the objective of the current study was to evaluate the effect of climatic area on indicators of yield and quality of three varieties of *Megathyrsus maximus*.

### Materials and Methods

**Location.** The current research was carried out in Orlando Varela farms, located at kilometer one of El Empalme-Balzar road, left side, Democracia sector, El Empalme canton and El Mamey, located at El Ají sector, Parroquia del Guayas, Guayas province, Ecuador. They are located at 01° 06' S and 79° 29' W, at 73 m.o.s.l. and 01° 00' S and 79° 30' W, at 75 m.o.s.l., respectively. The study was carried out in the period between July-September (dry season), 2015.

**Agrometeorological conditions.** The climate is classified as humid subtropical (García 2004). In Guayas, mean precipitation was 2,436.9 mm/year (117.2 mm during the experimental period), mean temperature was 23.87 ° and relative humidity

con la primicia de producir más, utilizando menos recursos naturales (agua y suelo), y empleando variedades tolerantes y adaptables al clima cambiante. Por lo tanto, el objetivo de la agricultura tiene que considerar lo productivo, el desarrollo rural, el medio ambiente y la justicia social (Morales-Velazco *et al.* 2016).

La productividad de los sistemas pecuarios ha tenido tendencia a declinar, como consecuencia de la implementación de sistemas inapropiados y de la utilización de suelos de baja fertilidad, en los que se plantaron especies naturalizadas o no adaptadas a esas condiciones, generando poca productividad (Tapasco *et al.* 2015).

Por otro lado, se ha estimado que alrededor de la mitad de las pasturas están degradadas en algún grado, causada por varias razones o combinaciones de ellas: la introducción de especies forrajeras no adaptadas a la región, el mal manejo de las pasturas, la compactación del suelo, la erosión y reducción de su fertilidad, entre otros aspectos que reducen aún más la productividad de la ganadería en la región (Arango *et al.* 2016).

En América Latina, se considera que no es económico alimentar al bovino con concentrados y se opta, como un camino práctico para incrementar la producción de alimentos para los rumiantes, la siembra de nuevas especies de pastos y forrajes con mayor adaptabilidad y potencial productivo. Esto se puede obtener con el mejoramiento de las especies utilizadas para este fin, y de aquellas que en muchas ocasiones poseen gran calidad y no son empleadas en la alimentación de los animales (Ramírez *et al.* 2017).

De ahí que, la introducción de nuevas especies y variedades de mayor rendimiento y calidad como *Megathyrsus maximus*, en varias regiones de Ecuador, es necesaria para mejorar la baja producción y calidad de las pasturas naturalizadas que abundan en los sistemas de producción ganaderos. Sin embargo, no se conoce su potencial productivo, composición química, digestibilidad y aporte energético; así como su adaptabilidad en diferentes zonas climáticas. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la zona climática en los indicadores de rendimiento y calidad de tres variedades de *Megathyrsus maximus*.

### Materiales y Métodos

**Localización.** La presente investigación se llevó a cabo en las fincas Orlando Varela, ubicada en el kilómetro uno de la vía El Empalme-Balzar, margen izquierdo, sector lacDemocracia, cantón El Empalme y El Mamey, situada en el sector El Ají, Parroquia del Guayas, provincia del Guayas, Ecuador. Se encuentran entre las coordenadas geográficas 01° 06' de latitud sur y 79° 29' de longitud oeste a 73 msnm y 01° 00' de latitud sur y 79° 30' de longitud oeste a 75 msnm, respectivamente. El estudio se desarrolló en el período comprendido entre julio-septiembre (época seca) de 2015.

**Condiciones agrometeorológicas.** El clima se clasifica como subtropical húmedo (García 2004), para Guayas la precipitación promedio fue de 2436.9 mm/año

was 79 %. In El Empalme, mean precipitation was 2,229.60 mm/year (245.6 mm during the experimental period), 25.80 °C of mean temperature and 86 % of relative humidity. Soil of both areas is inceptisol (Soil Survey Staff 2003) and its chemical composition appears in table 1.

(117.2 mm durante el período experimental); la temperatura media fue de 23.87° y la humedad relativa 79 %. Para El Empalme fueron de 2229,60 mm/año (245,6mm durante el período experimental), 25,80 °C y humedad relativa 86 %, respectivamente. El suelo en ambas zonas es del tipo Inceptisol (Soil Survey Staff

Table 1. Soil characteristics

Indicator	Guayas	El Empalme
pH	5.47	5.83
N, cmolc kgf	1.50	3.16
P, cmolc kg <sup>-1</sup>	5.1	2.78
K, cmolc kg <sup>-1</sup>	0.54	0.16
Ca, cmolc kg <sup>-1</sup>	1.50	1.20
Mg, cmolc kg <sup>-1</sup>	0.80	0.23
Sand, %	24.00	22.00
Lime, %	56.00	58.00
Clay, %	20.00	20.00

*Treatment and experimental design.* A random block design was used, with factorial arrangement (3x2): three varieties of *Megathyrsus maximus* (Común, Tanzania and Tobiata) and two areas (Guayas and El Empalme) and five replicates.

*Procedure.* The experimental plots (5x5 = 25m<sup>2</sup>) were sown with *Megathyrsus maximus* cv. Común, Tanzania and Tobiata in February 2015, at 50 cm between furrows and 20 cm between plants. Plants had an establishment period until July, when the uniformity cut was performed. From there, samplings were carried every 42 days of regrowth, removing 50 cm of border effect and all the material in the harvest area was cut at 10 cm above ground level. Biomass production, total dry matter yield, of leaves and stems were evaluated, as well as number of leaves and stems (per cutting), leaf length and width and leaf-stem relationship (Herrera 2006). Then, two kilograms (two samples) were taken per each treatment and per replicate for subsequent analysis in the laboratory.

Irrigation was only used for facilitating germination and establishment, and no fertilization or chemical treatment was used to remove weeds. At the beginning of the experiment, the population of varieties in the plots was 97 %.

*Determination of chemical composition.* Samples, after collected, were dried in a forced air circulation oven at 65 °C. Then, they were ground to a particle size of 1mm and stored in amber flasks until their analysis in the lab. There, DM, CP, ash, OM, P and Ca, according to AOAC (2016), were determined, as well as NDF, ADF, ADL, cellulose (Cel), hemicellulose (Hcel) and cellular content (CC) according to Goering and Van Soest (1970), dry matter digestibility was quantified by Aumont *et al.* (1995) and metabolizable energy and net lactation

2003) y su composición química aparece en la tabla 1.

*Tratamiento y diseño experimental.* Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (3x2): tres variedades de *Megathyrsus maximus* (Común, Tanzania y Tobiata) y dos zonas (Guayas y El Empalme) y cinco réplicas.

*Procedimiento.* Las parcelas experimentales (5x5=25m<sup>2</sup>) se sembraron en el mes febrero de 2015 de *Megathyrsus maximus* vc. Común, Tanzania y Tobiata a 50 cm entre surcos y 20 cm entre plantas. Las plantas tuvieron un período de establecimiento hasta julio, donde se realizó el corte de uniformidad. A partir de ahí se realizaron los muestreos cada 42 días de rebrote, eliminando 50 cm de efecto de borde y se cortó todo el material del área cosechable a 10 cm sobre el nivel del suelo. Se evaluaron la producción de biomasa, rendimiento en materia seca total, de hojas y tallos; número de hojas y tallos (por macolla); longitud y ancho de las hojas y la relación hoja-tallo (Herrera 2006). Luego se tomó dos kilogramos (dos muestras) por cada uno de los tratamientos y por réplica para su posterior análisis en el laboratorio.

Solo se empleó riego para facilitar la germinación y el establecimiento, y no se utilizó fertilización ni tratamiento químico para eliminar las malezas. Al inicio del experimento la población de las variedades en las parcelas fue de 97 %.

*Determinación de la composición química.* Las muestras después de recolectadas se secaron en estufa de circulación de aire forzada a 65 °C, 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 (2016); FDN, FDA, LAD, celulosa (Cel), hemicelulosa (Hcel) y contenido celular (CC) según Goering y Van Soest (1970); la digestibilidad de la materia

were established according to Cáceres and González (2000). All analyzes were performed in duplicate and per replication.

*Statistical analysis.* Analysis of variance was performed according to the experimental design and mean values were compared using Duncan (1955) multiple range test. Kolmogorov-Smirnov test (Massey 1951) was used for determining normal distribution of data and Bartlett (1937) test for the variances.

## Results

Variety x area interaction ( $P < 0.05$ ) was found for all yield indicators. The highest yield of total dry matter, of leaves and stems (2.17, 1.25 and 0.92 t/ha, respectively) was obtained with Tanzania variety in El Empalme. Biomass production showed a similar performance with 6.97 t/ha (table 2).

seca se cuantificó mediante Aumont *et al.* (1995) y la energía metabolizable y neta lactación se establecieron según Cáceres y González (2000). Todos los análisis se realizaron por duplicado y por réplica.

*Análisis estadístico.* 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

Para todos los indicadores del rendimiento se encontró interacción ( $P < 0.05$ ) variedad x zona. El mayor rendimiento de materia seca total, de hojas y tallos (2.17, 1.25 y 0.92 t/ha, respectivamente) se obtuvo con la variedad Tanzania en El Empalme. Similar comportamiento presentó la producción de biomasa con

Table 2. Yield indicators of three varieties of *Megathyrsus maximus* in two areas of Ecuador

Areas	Varieties			SE <sup>1</sup> ±	P
	Común	Tanzania	Tobiatá		
Dry matter, t/ha					
El Empalme	0.89 <sup>c</sup>	2.17 <sup>a</sup>	1.37 <sup>b</sup>	0.40	0.04
Guayas	0.57 <sup>e</sup>	1.41 <sup>b</sup>	0.75 <sup>d</sup>		
Biomass, t/ha					
El Empalme	3.13 <sup>d</sup>	6.97 <sup>a</sup>	4.56 <sup>b</sup>	0.76	0.01
Guayas	2.33 <sup>e</sup>	4.52 <sup>c</sup>	3.30 <sup>d</sup>		
Leaves, t/ha					
El Empalme	0.55 <sup>d</sup>	1.25 <sup>a</sup>	0.76 <sup>c</sup>	0.20	0.0001
Guayas	0.31 <sup>f</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.42 <sup>e</sup>		
Stems, t/ha					
El Empalme	0.34 <sup>c</sup>	0.92 <sup>a</sup>	0.61 <sup>b</sup>	0.19	0.041
Guayas	0.26 <sup>d</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.42 <sup>c</sup>		

<sup>abcde</sup> Values with different letters differ at  $P < 0.05$  (Duncan 1955)

<sup>1</sup>SE, standard error of variety x area interaction

In the case of morphological performance (table 3), they showed variety x area interaction ( $P < 0.05$ ). The best results in height, number of leaves and number of stems were for Tanzania variety in El Empalme area with 1.22 m; 409.5 and 65.25, respectively.

For the leaf growth indicators (table 4), there was no variety x area interaction and only differences ( $P < 0.003$ ) were presented for varieties in leaf width and the highest value was 0.36m for Tanzania.

There was no variety x area interaction for crude protein content (figure 1) and the highest content was obtained in Tanzania variety in Guayas (12.52 %,  $P < 0.0001$ ).

There was no variety x area interaction for cell wall and its components and there was no effect of either variety or area. However, the highest value of ADL (3.82 %,  $P < 0.004$ ) was obtained in Guayas area (table 5)

6.97 t/ha, (tabla 2).

En el caso del comportamiento morfológico (tabla 3) presentaron interacción ( $P < 0.05$ ) variedad x zona, los mejores resultados en la altura, número de hojas y número de tallos fueron para la variedad Tanzania en la zona de El Empalme con 1.22 m; 409.5 y 65.25, respectivamente.

Para los indicadores de crecimiento de las hojas (tabla 4) no hubo interacción variedad x zona y solo se presentaron diferencias ( $P < 0.003$ ) para las variedades en el ancho de las hojas y el mayor valor fue de 0.36m para la Tanzania.

No hubo interacción variedad x zona para el contenido de proteína bruta (figura 1) y el mayor tenor se obtuvo en la variedad Tanzania en Guayas (12.52 %,  $P < 0.0001$ ).

Para la pared celular y sus componentes no se registró interacción variedad x zona y no hubo efecto ni de la variedad ni de la zona. No obstante, para la LAD el mayor valor (3.82 %,  $P < 0.004$ ) se obtuvo en la zona

Table 3. Height, number of leaves and stems of three varieties of *Megathyrsus maximus* in two areas of Ecuador

Areas	Varieties			SE <sup>1</sup> ±	P
	Común	Tanzania	Tobiatá		
Height, m					
El Empalme	0.95 <sup>b</sup>	1.22 <sup>a</sup>	0.99 <sup>b</sup>	0.10	0.040
Guayas	0.84 <sup>c</sup>	0.97 <sup>b</sup>	0.86 <sup>c</sup>		
Number of leaves					
El Empalme	161.55 <sup>c</sup>	409.50 <sup>a</sup>	267.80 <sup>b</sup>	8.20	0.0001
Guayas	52.33 <sup>e</sup>	70.08 <sup>d</sup>	69.50 <sup>d</sup>		
Number of stems					
El Empalme	26.95 <sup>c</sup>	65.25 <sup>a</sup>	51.45 <sup>b</sup>	4.91	0.001
Guayas	25.08 <sup>c</sup>	44.00 <sup>c</sup>	37.50 <sup>d</sup>		

<sup>abcde</sup> Values with different letters differ at P<0.05 (Duncan 1955)

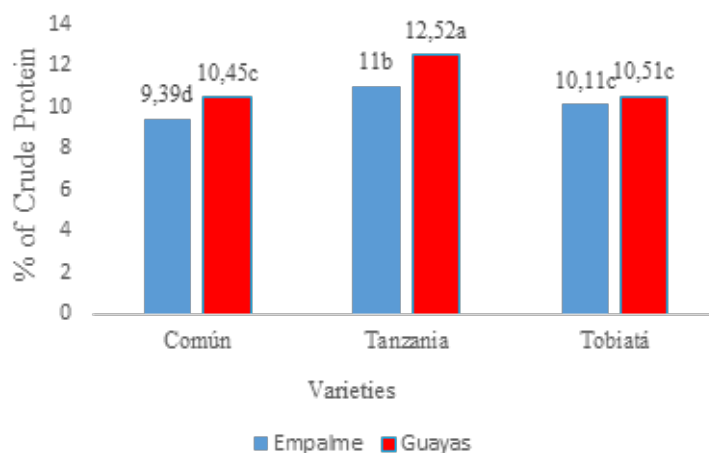
<sup>1</sup>SE, standard error of variety x area interaction

Table 4. Leaf growth of three varieties of *Megathyrsus maximus* in two areas of Ecuador

Indicators, m	Varieties					Areas			
	Común	Tanzania	Tobiatá	SE±	P	El Empalme	Guayas	SE±	P
Length	0.58	0.66	0.63	0.03	0.85	0.63	0.61	0.29	0.576
Width	0.27 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.31 <sup>ab</sup>	0.002	0.003	0.031	0.032	0.001	0.854

<sup>ab</sup> Values with different letters differ at P<0.05 (Duncan 1955)

<sup>1</sup>SE, mean standard error

Figure 1. Protein content of three varieties of *Megathyrsus maximus* in two areas of EcuadorTable 5. Cell wall components of three varieties of *Megathyrsus maximus* in two areas of Ecuador

Indicators, %	Varieties				P	Areas			P
	Común	Tanzania	Tobiatá	SE±		El Empalme	Guayas	SE±	
NDF	52.96	53.20	53.26	2.38	0.995	52.13	54.15	1.94	0.464
ADF	27.45	27.30	28.91	1.07	0.506	26.88	28.89	0.87	0.108
ADL	3.62	3.17	3.56	0.24	0.394	3.02 <sup>b</sup>	3.82 <sup>a</sup>	0.20	0.004
CEL	23.64	24.13	25.35	0.83	0.399	23.86	25.02	0.68	0.234
HCEL	25.50	25.91	24.35	1.39	0.717	25.25	25.26	1.13	0.995
CC	47.05	45.32	46.74	2.62	0.885	46.89	45.85	2.14	0.732

<sup>ab</sup> Values with different letters differ at P<0.05 (Duncan 1955)

SE±, mean standard error



There was significant variety x area interaction for ash, Ca and P content. The highest value (14.62 %) of the ash was registered for Tobiata variety in Guayas. In this same area, the highest value of Ca was recorded by Tanzania and Tobiata varieties, while the same happened for P content of Común and Tobiata varieties. However, Común variety in El Empalme area presented the highest percentage of organic matter (table 6).

de Guayas (tabla 5).

Hubo interacción significativa variedad x zona para el contenido de cenizas, Ca y P. El mayor valor (14.62 %) de las cenizas se registró en la variedad Tobiata en Guayas. En esta misma zona, el valor más elevado de Ca lo registraron las variedades Tanzania y Tobiata, mientras que lo mismo ocurrió para el tenor de P en las variedades Común y Tobiata. Sin embargo, la variedad Común en la zona de El Empalme presentó el

Table 6. Ash, minerals and organic matter of three varieties of *Megathyrus maximus* in two areas of Ecuador

Areas	Varieties			SE <sup>1</sup> ±	P
	Común	Tanzania	Tobiata		
Ashes, %					
El Empalme	11.89 <sup>d</sup>	11.83 <sup>d</sup>	12.25 <sup>c</sup>	0.52	0.001
Guayas	12.97 <sup>c</sup>	13.94 <sup>b</sup>	14.62 <sup>a</sup>		
Calcium, %					
El Empalme	0.46 <sup>c</sup>	0.49 <sup>c</sup>	0.48 <sup>c</sup>	0.02	0.001
Guayas	0.62 <sup>b</sup>	0.66 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>		
Phosphorus, %					
El Empalme	0.019 <sup>d</sup>	0.017 <sup>d</sup>	0.020 <sup>c</sup>	0.002	0.0001
Guayas	0.030 <sup>ab</sup>	0.029 <sup>b</sup>	0.032 <sup>a</sup>		
Organic matter, %					
El Empalme	88.11 <sup>a</sup>	88.17 <sup>a</sup>	87.75 <sup>b</sup>	0.52	0.001
Guayas	87.03 <sup>b</sup>	86.07 <sup>c</sup>	85.38 <sup>d</sup>		

<sup>abcd</sup>Values with different letters differ at P<0.05 (Duncan 1955)

<sup>1</sup>SE, standard error of variety x area interaction

Table 7 shows variety x area interaction in leaf/stem, NDF/N and ADF/N relationships. The best results were presented by Guayas area with 2.32 and 4.40 for leaf/stem and ADF/N relations, respectively, in Tanzania, while Común variety had 8.68 for NDF/N in El Empalme.

For energy intake and digestibility (table 8), there was no significant variety x area interaction. There were only significant differences (P <0.0001) for the effect

mayor porcentaje de materia orgánica (tabla 6).

En la tabla 7 se muestra la interacción variedad x zona en las relaciones hoja/tallo, FDN/N y FDA/N. Los mejores resultados los presentó la zona de Guayas con 2.32 y 4.40 para la relación hoja/tallo y FDA/N, respectivamente en Tanzania, mientras para FDN/N fue para la variedad Común en El Empalme con 8.68.

Para el aporte energético y la digestibilidad (tabla 8) no hubo interacción significativa variedad x zona. Solo

Table 7. Leaf-stem relation and components of fiber-nitrogen of three varieties of *Megathyrus maximus* in two areas of Ecuador

Areas	Varieties			SE <sup>1</sup> ±	P
	Común	Tanzania	Tobiata		
Leaf/stem relation					
El Empalme	5.18 <sup>a</sup>	2.08 <sup>b</sup>	1.77 <sup>c</sup>	0.68	0.005
Guayas	1.75 <sup>c</sup>	2.32 <sup>b</sup>	1.95 <sup>c</sup>		
NDF/N relation					
El Empalme	8.68 <sup>c</sup>	8.75 <sup>c</sup>	8.79 <sup>c</sup>	2.34	0.0001
Guayas	33.58 <sup>a</sup>	29.20 <sup>b</sup>	33.13 <sup>a</sup>		
ADF/N relation					
El Empalme	4.42 <sup>d</sup>	4.40 <sup>d</sup>	4.64 <sup>d</sup>	1.09	0.0001
Guayas	17.70 <sup>b</sup>	15.18 <sup>c</sup>	18.10 <sup>a</sup>		

<sup>abcd</sup>Values with different letters differ at P<0.05 (Duncan 1955)

<sup>1</sup>SE, standard error of variety x area interaction

Table 8. Digestibility and energy contribution of three varieties of *Megathyrus maximus* in two areas of Ecuador

Indicators	Varieties				Areas				
	Común	Tanzania	Tobiatá	SE±	P	El Empalme	Guayas	SE±	P
DMD, %	47.19	47.08	47.05	1.04	0.995	47.55	46.66	0.85	0.464
OMD, %	46.10	45.70	45.79	0.98	0.957	43.63 <sup>b</sup>	48.09 <sup>a</sup>	0.80	0.0001
ME, MJ/kg	6.56	6.50	6.51	0.15	0.955	6.18 <sup>b</sup>	6.87 <sup>a</sup>	0.12	0.0001
LNE, MJ/kg	3.56	3.52	3.53	0.10	0.956	3.29 <sup>b</sup>	3.78 <sup>a</sup>	0.08	0.0001

<sup>ab</sup> Values with different letters differ at  $P < 0.05$  (Duncan 1955)

SE±, mean standard error

of area on OMD, ME and LNE, which showed the best results for Guayas area with values of 48.09 %, 8.87 and 3.78 MJ / kg, respectively.

### Discussion

These are difficult times for livestock in tropical areas and the activity largely depends on forage supply, while, in turn, this is a function of soil and water, among other factors. Farmers are the most affected by this fact because forests were degraded first, then, forage and now, soils. This circle of social, environmental and economic degradation is a complex phenomenon on a global scale recognized by the United Nations, known as desertification. This process is based on reduction or loss of biological or economic productivity of terrestrial bio-productive system that includes soil, vegetation, other biota components and ecological and hydrological processes, especially in ecosystems of dry areas, due to the way of using land and the combination of processes resulting from human activities and climatic factors (Tapasco *et al.* 2015 and Arango *et al.* 2016).

Ramírez *et al.* (2017) stated that climate elements interact and have a marked effect on growth and development of grass species and varieties in the different months of the year, causing a seasonal imbalance in yields, which provokes food deficits mainly during dry period. In addition, soils destined for pasture cultivation mostly have low fertility and poor drainage, which, together with climate, exert negative effects on productivity and persistence of forage plants. These aspects have been considered for the introduction of improved species with better adaptation to different livestock ecosystems with superior potentialities from a productive and quality point of view.

Herrera *et al.* (2018) pointed out that plant species exist, reproduce and endure in certain edaphoclimatic contexts, which can be considered as tolerance to these conditions. This is evident in the present study, in which rainfall distribution has an important influence on productivity of *Megathyrus maximus* varieties, because areas in El Empalme had 128 mm of precipitations and 1.93 °C, superior to those in Guayas region, obtaining a difference between regions of 0.76, 0.41, 0.57 and 2.45 t/ha for yield of total dry matter, of

existieron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) para el efecto de la zona en la DMO, EM y ENL que presentaron los mejores resultados para la zona de Guayas con valores de 48.09 %, 8.87 y 3.78 MJ/kg, respectivamente.

### Discusión

Para la ganadería en el trópico son tiempos difíciles, la actividad depende en gran medida de la oferta de forrajes, mientras que estos a su vez es una función de los suelos y el agua, entre otros factores. Los que sufren este panorama son los ganaderos, ya que primero se degradaron los bosques, luego los forrajes y ahora los suelos. Este círculo de degradación social, ambiental y económica, es un fenómeno complejo a escala global reconocido por las Naciones Unidas, denominado desertificación. Proceso que se basa en la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica del sistema bioproductivo terrestre que comprende suelo, vegetación, otros componentes de la biota y procesos ecológicos e hidrológicos, especialmente en los ecosistemas de las zonas secas, debido a la forma de utilización de la tierra y combinación de procesos resultantes de las actividades humanas y factores climáticos (Tapasco *et al.* 2015 y Arango *et al.* 2016).

Ramírez *et al.* (2017) platearon que los elementos del clima interactúan y tienen marcado efecto en el crecimiento y desarrollo de las especies y variedades de pastos en los diferentes meses del año, provocando un desbalance estacional en los rendimientos, que ocasiona déficit de alimento principalmente en el período poco lluvioso. A esta situación hay que añadir que, los suelos destinados al cultivo de pastos en su mayoría son de baja fertilidad y mal drenaje, que conjuntamente con el clima, ejercen efectos negativos en la productividad y persistencia de las forrajeras. Aspectos que se han tomado en cuenta para la introducción de especies mejoradas con mayor adaptación a los diferentes ecosistemas ganaderos con mejores potencialidades desde punto de vista productivo y calidad.

Herrera *et al.* (2018) señalaron que las especies vegetales existen, se reproducen y perduran en determinados contextos edafoclimáticos, lo que se puede considerar como tolerancia a esas condiciones. En el caso del presente estudio esto se pone de manifiesto, donde la distribución de las lluvias ejerce importante influencia en la productividad de las variedades de *Megathyrus maximus*, ya que al comparar, en El Empalme se registraron 128 mm de precipitaciones y 1.93 °C por encima con respecto a la región de Guayas,

leaves, stems and biomass, respectively. In addition, plants also presented higher growth, number of leaves and stems.

This performance is due to the fact that, according to De Lucena-Costa *et al.* (2018) and Avellaneda-Cáceres *et al.* (2019), growth and productivity of pastures is influenced by the existing climatic conditions, mainly by annual rains distribution, which, together with other environmental and management factors, impact on pastures and forages do not fully reflect its productive potential. This performance was evidenced in studies by Oyedeji *et al.* (2016) in Nigeria, who reported yields, under monoculture conditions, of Común variety of 0.53, 0.40 and 0.65, 0.52 t/ha, for the yield of dry matter and of green biomass during dry and rainy periods, respectively, and 200 and 300 mm of precipitations, as well as average temperatures of 34 and 33 °C, respectively. These results are similar to those obtained in the current study, although with different climate and soil conditions.

Studies of Velasco *et al.* (2018) demonstrated that biomass production per season was proportional to the recorded precipitation. The highest accumulation of leaf biomass in summer coincides with the best climatic conditions. In the central region of Chiapas state, Mexico, during winter and without record of precipitation, pasture growth decreased, together with the decrease of temperature. In this regard, it should be considered that water stress reduces photosynthesis rate, causes leaf death, and induces plants to seek strategies, like leaf fall.

Seasonal growth of morphological components of plants (tables 3 and 4) are directly related to edaphoclimatic conditions and management practices. Leaf and stem proportion, as well as their growth, are generated by genotype-environment interaction, which results in forage yield. Knowledge of this influence allows to identify availability and, consequently, adopt management strategies (Ramírez *et al.* 2017 and Velasco *et al.* 2018).

Differences in the performance of these indicators in the current study regarding interactions (variety x areas) in height, number of leaves and stems (table 3), and their non-existence in leaf length and width (table 4), agrees with reports of Fortes *et al.* (2016), when evaluating cv. Mombaza and Tanzania during dry period under Cuban western conditions (53 mm of precipitations, 21 and 27 °C of mean and maximum temperatures, respectively). This result could favor biomass production in the plant, since it could correspond to a greater leaf area that favors the capture of light energy and transformation into chemical energy and biomass.

With the development of science, it has been demonstrated that not only climate factors influence plant productivity. Factors such as soil characteristics, fertilization, water availability, sowing and management

obteniéndose una diferencia entre regiones de 0.76, 0.41, 0.57 y 2.45 t/ha para el rendimiento en materia seca total, de hojas, tallos y biomasa, respectivamente. Además, las plantas también presentaron mayor crecimiento, número de hojas y de tallos.

Este comportamiento se debe, según De Lucena-Costa *et al.* (2018) y Avellaneda-Cáceres *et al.* (2019), a que el crecimiento y productividad de los pastos está influida por las condiciones climáticas existentes principalmente por la distribución anual de las lluvias, que unido a otros factores del medio ambiente y de manejo, repercuten en que los pastos y forrajes no reflejen totalmente su potencialidad productiva. Este comportamiento se evidenció en los estudios de Oyedeji *et al.* (2016) en Nigeria quienes informaron rendimiento en condiciones de monocultivo en la variedad Común de 0.53, 0.40 y 0.65, 0.52 t/ha, para el rendimiento de materia seca y de biomasa verde, respectivamente en los períodos de seca y lluvia, y precipitaciones de 200 y 300 mm, así como temperaturas medias de 34 y 33 °C, respectivamente. Resultados que son semejantes a los obtenidos en el actual estudio, aunque con condiciones climáticas y de suelos diferentes.

En los estudios de Velasco *et al.* (2018) se demostró que la producción de biomasa por estación del año fue proporcional a la precipitación registrada. La mayor acumulación de biomasa de hojas en verano coincide con las mejores condiciones climáticas. En la región central del estado de Chiapas México, en invierno y sin registro de precipitación, disminuyó el crecimiento del pasto, unido al descenso de la temperatura. Al respecto, se debe considerar que el estrés hídrico reduce la tasa de fotosíntesis, produce muerte de las hojas, e induce a las plantas a buscar estrategias, como la caída de las hojas.

El crecimiento estacional de los componentes morfológicos de los vegetales (tablas 3 y 4) guardan relación directa con las condiciones edafoclimáticas y prácticas de manejo. La proporción de hojas y tallos, así como su crecimiento se generan por la interacción genotipo-ambiente; lo que da como resultado el rendimiento de las forrajeras. El conocimiento de esta influencia, permite identificar la disponibilidad y, en consecuencia, adoptar estrategias de manejo (Ramírez *et al.* 2017 y Velasco *et al.* 2018).

Las diferencias en el comportamiento de estos indicadores en la actual investigación en cuanto a las interacciones (variedad x zonas) en la altura, número de hojas y tallos (tabla 3) y la no existencia de estas en la longitud y ancho de las hojas (tabla 4), comportamiento que concuerda con lo reportado por Fortes *et al.* (2016) al evaluar las vc. Mombaza y Tanzania durante el período poco lluvioso en condiciones del occidente de Cuba (53 mm de precipitaciones, 21 y 27 °C de temperaturas medias y máximas, respectivamente). Este resultado pudiera favorecer la producción de biomasa en la planta, pues se podría corresponder con una mayor área foliar que favorece la captación de energía luminosa y transformación en energía química y biomasa.



season, among others, have an important role in the production of plant systems. Pastures are a clear example of this fact (Herrera 2015).

For chemical composition variation, there was only variety x area interaction for CP (figure 1). Cell wall components (NDF, ADF, ADL, CEL and HCEL) did not present differences (table 5). These results agree with Tapasco *et al.* (2015), Arango *et al.* (2016) and Morales-Velasco *et al.* (2016), who stated that when comparing nutritional value of forages, variability is small among cultivars and varieties of the same genus, but their quality is affected by rainfall and temperature variations. Hence, the use of improved pastures with adaptability to different ecosystem conditions and with little difference in their chemical composition are elements that must be considered for selecting varieties.

Álvarez (2019) explained that excess and deficit of precipitation can cause stress in different crops. Excess water causes anoxia in the roots, affecting their aerobic respiration, absorption of minerals and water. If this is prolonged in non-tolerant species, carbon assimilation and translocation decrease, producing metabolic changes that activate anaerobic respiration, which implies less energy efficiency and bio-productivity in plants. While, water stress due to water deficit decreases cell wall concentration in leaves and stems of forage, although variably in its structural components (cellulose, hemicellulose and lignin) and polyphenols, the latter attributed to the need of the plant to maintain high carbohydrate values in soluble forms during osmotic adjustments.

In this species, Álvarez-Perdomo *et al.* (2016ab) reported CP values between 6-9 %, using fertilization with liquid residues from pigs and associated with legumes, with precipitations of 3500 mm/year. These results are below those reported in the present study for Tanzania variety (11-12%), while Fortes *et al.* (2016), under Cuban western conditions, found no significant differences in the chemical composition of Mombaza and Tanzania during two years of study. Likewise, Cruz *et al.* (2012) reported higher CP percentages for Mombaza with respect to cv. Tanzania, and little variability in terms of cell wall components, with cuts at 90 days, being this a performance similar to that obtained in the current research. These differences in both studies could be due to edaphoclimatic and management differences (cutting age) in the studied regions.

On the other hand, Montenegro *et al.* (2018) reported 8.61, 73.70 and 33.91 % for CP, NDF and ADF, respectively, in Común variety, with precipitations of 500mm and temperatures of 32 °C. Differences related to the current research may be due to the prevailing climatic conditions, fertilization effect, nutrient dilution by rains, increased stem growth, experimental conditions and management.

Con el desarrollo de la ciencia se ha demostrado que no solo los factores climáticos influyen en la productividad de las plantas. Factores como las características de los suelos, fertilización, disponibilidad de agua, época de siembra y manejo, entre otros, desempeñan importante papel en la producción de los sistemas vegetales. Los pastos son un claro ejemplo de lo antes mencionado (Herrera 2015).

Para la variación de la composición química solo hubo interacción variedad-zona para la PB (figura 1), los componentes de la pared celular (FDN, FDA, LAD, CELy HCEL) no presentaron diferencias (tabla 5), estos resultados concuerdan con lo planteado por Tapasco *et al.* (2015), Arango *et al.* (2016) y Morales-Velasco *et al.* (2016), quienes plantearon que cuando se compara el valor nutritivo de forrajes, la variabilidad es pequeña entre cultivares y variedades de un mismo género, pero su calidad se ve afectada por la variación de las precipitaciones y temperaturas, de ahí que el empleo pasturas mejoradas con adaptabilidad a las diferentes condiciones de los ecosistemas y con poca diferencias en cuanto a su composición química, son elementos que se deben considerar a la hora de seleccionar las variedades.

Álvarez (2019) planteó que tanto el exceso como el déficit de precipitaciones pueden provocar estrés en los diferentes cultivos. El exceso de agua provoca anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua. Si este se prolonga en especies no tolerantes, disminuye la asimilación y traslocación del carbono, produciéndose cambios metabólicos que activan la respiración anaeróbica, lo cual implica menor eficiencia energética y bioproductividad en las plantas. Mientras que, el estrés hídrico por déficit de agua disminuye la concentración de la pared celular en las hojas y tallos de los forrajes, aunque de forma variable en sus componentes estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) y polifenoles, atribuible esto último a la necesidad de la planta de mantener altos valores de carbohidratos en formas solubles durante los ajustes osmóticos.

En esta especie Álvarez-Perdomo *et al.* (2016ab) informaron valores de PB entre 6-9 % con fertilización con residuos líquidos de cerdos y asociados con leguminosas, con precipitaciones de 3500 mm/año, resultados por debajo a los reportados en nuestro estudio por la variedad Tanzania (11-12%), mientras que Fortes *et al.* (2016) en condiciones del occidente del Cuba no encontraron diferencias significativas en la composición química de Mombaza y Tanzania durante dos años de estudio. Por su parte, Cruz *et al.* (2012) reportaron mayores porcentajes de PB para la Mombaza con respecto a vc. Tanzania y poca variabilidad en cuanto a los componentes de la pared celular, con cortes a los 90 días, comportamiento similar al obtenido en la actual investigación. Estas desigualdades en ambos estudios se podrían deber a las diferencias edafoclimáticas y manejo (edad de corte) en las regiones estudiadas.

Por otra parte, en la variedad Común Montenegro *et al.* (2018) reportaron 8.61, 73.70 y 33.91 % para la PB, FDN y FDA, respetivamente con precipitaciones de 500mm y

For ash, minerals and organic matter content (table 6), there was variety x area interaction for all indicators, with the highest results in minerals for the area with lower precipitations. This performance, according to Pereira *et al.* (2017), is attributed to the effect of climate factors, specifically of rains and temperatures, which propitiate greater growth and development for plants (maturity). It is known that minerals are abundant in young and growing parts of plants, especially in sprouts, young leaves and radical extremes, and their decrease in the region of higher precipitations is related to the dilution effect produced by plant development.

De Lucena-Costa *et al.* (2019) evaluated *Megathyrsus maximus* cv. Zuri with precipitations of 865.4 mm, mean temperature of 24.86 °C, and the use of urea, triple superphosphate and potassium chloride with standards of 90, 50 and 60 kg/ha of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, respectively. They reported decreases of 0.063, 0.12, 0.15 and 0.67 %, for the P, Ca, Mg and K, respectively, with a negative effect on mineral content due to dilutions by rains, increases in growth and higher biomass accumulation. Meanwhile, Ortega-Aguirre *et al.* (2015) and Montenegro *et al.* (2018) reported values of ash and organic matter between 12-17 and 84-87 %, respectively, for Común, Tanzania and Mombaza varieties, which evidences that the percentages found in the present research are within the range of those reported in the scientific literature for this species.

Regarding quality indicators (leaf/stem and fiber fraction/nitrogen relationships), they presented significant differences (table 7). These results coincide with those reported by Verdecia *et al.* (2012ab) and Méndez-Martínez *et al.* (2019) in Mombaza, Tanzania, Común and Tobiata varieties. These authors also argued that this performance is due to anatomical characteristics of each variety, since these cultivars had the highest proportion of leaves available for animal intake and make them promising for cattle feeding.

Digestibility variability and energy supply due to the effect of climatic area (table 8) was reported by Valles-De la Mora *et al.* (2016), who, after evaluating the effect of seasonality on *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania quality throughout the year, established three periods (March-June, 200 mm and 30 °C; August-November, 400 mm 32 °C and January-April, 80 mm and 28 °C). The best results were for the January-April interval with the lowest rainfall and mean temperature, with digestibility of 73.8 % and a difference of 14.1 percentage units with respect to the period of superior precipitations, while the best energy contribution was found during the period of greater precipitations, between August and November, with 6.03 MJ/kg.

Digestibility and energy values are within the range reported in the literature. However, it is worth noting

temperaturas de 32 °C. Las diferencias en relación con la presente investigación se pueden deber a las condiciones climáticas imperantes, al efecto de la fertilización, de dilución de los nutrientes por las lluvias, mayor crecimiento del tallo, condiciones experimentales y de manejo.

Para el contenido de ceniza, minerales y materia orgánica (tabla 6) existió interacción variedad x zona para todos los indicadores, con los mayores resultados en los minerales para la zona de menores lluvias. Este comportamiento es atribuible según Pereira *et al.* (2017) al efecto de los factores del clima específicamente de las lluvias y las temperaturas, que propician mayor crecimiento y desarrollo para el vegetal (madurez). Es conocido que los minerales abundan en las partes jóvenes y en crecimiento, especialmente en los brotes, hojas jóvenes y extremos radicales, y la disminución en la región de mayores precipitaciones está relacionado al efecto de la dilución producido por el desarrollo vegetativo.

De Lucena-Costa *et al.* (2019) al evaluar *Megathyrsus maximus* cv. Zuri con precipitaciones de 865.4 mm, temperatura media de 24.86 °C, aplicaciones de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio con normas de 90, 50 y 60 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, notificaron disminuciones de 0.063, 0.12, 0.15 y 0.67 %, para el P, Ca, Mg y K. Con efecto negativo en el contenido de minerales por la dilución producto a las lluvias, incrementos en el crecimiento y mayor acumulación de biomasa. Mientras, Ortega-Aguirre *et al.* (2015); Montenegro *et al.* (2018), reportaron para las variedades Común, Tanzania y Mombaza valores de ceniza y materia orgánica entre 12-17 y 84-87 %, respectivamente, lo que evidencia que los porcentajes encontrados en la presente investigación se encuentran dentro del rango de los reportados en la literatura científica para esta especie.

En cuanto a los indicadores de la calidad (relaciones hoja/tallo y fracción fibrosa/nitrógeno) presentaron diferencias significativas (tabla 7), resultados que coinciden con los reportados por Verdecia *et al.* (2012ab) y Méndez-Martínez *et al.* (2019) en las variedades Mombaza, Tanzania, Común y Tobiata, y argumentaron que este comportamiento se debe a las características anatómicas de cada variedad, ya que estos cultivares presentan la mayor proporción de hojas disponibles para el consumo animal y las hace promisorias para la alimentación ganadera.

La variabilidad de la digestibilidad y el aporte energético debido al efecto de la zona climática (tabla 8) fue reportado por Valles-De la Mora *et al.* (2016), quienes al evaluar el efecto de la estacionalidad en la calidad de *Megathyrsus maximus* cv Tanzania a través del año, establecieron tres periodos (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

that, despite differences in precipitations between both areas, DMD showed little variation. Ortega-Aguirre *et al.* (2015) and Avellaneda-Cáceres *et al.* (2019), when studying five varieties of *Megathyrus maximus* (Común, Tanzania, Dwarf, Mombaza and Tobiata), found no significant differences when evaluating the effect of variety on digestibility, reporting DMD above 47 %. These authors considered that the causes of this performance are the constitutive similarity of the different cell components of the plant depending on the variety. These results are similar to those obtained in the current study, in which fiber components did not show differences between areas and variety.

### Conclusions

The effect of climate area on forage quality and yield was demonstrated in the current research, where better performances of productivity and morphological development were obtained in the areas of greater rainfall (Empalme), while quality was better for that of less precipitation (Guayas). Although there were no differences for leaf growth, cell wall components, digestibility and energy contribution, its adaptability and potential in different ecosystems is confirmed.

(agosto-noviembre) con 6,03 MJ/kg.

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 entre ambas zonas la DMS presentó poca variación. Ortega-Aguirre *et al.* (2015) y Avellaneda-Cáceres *et al.* (2019) al estudiar cinco variedades de *Megathyrus maximus* (Común, Tanzania, Enano, Mombaza y Tobiata), 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.

### Conclusiones

El efecto de la zona climática en el rendimiento y la calidad de los forrajes quedó demostrado en la presente investigación, donde se obtuvieron mejores comportamientos de la productividad y desarrollo morfológico en la zona de mayores lluvias (Empalme), mientras que la calidad fue mejor para la de menor precipitaciones (Guayas). A pesar de que no se presentaron diferencias para el crecimiento de las hojas, componentes de la pared celular, digestibilidad y aporte energético se confirma su adaptabilidad y potencialidades en los diferentes ecosistemas.

### References

- Álvarez, A. 2019. "Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático". *Pastos y Forrajes*, 42(2): 95-104, ISSN:0864-0394
- Álvarez-Perdomo, G.R., Vargas-Burgos, J.C., Franco-Cedeño, F.J., Álvarez-Perdomo, P.E., Samaniego-Armijos, M.C., Moreno-Montalván, P.A., Chacón-Marcheco, E., García-Martínez, A.R., Arena-Manjarre, R.S. & Ramírez-de la Ribera, J.L. 2016a. "Rendimiento y calidad del pasto *Megathyrus maximus* fertilizado con residuos líquidos de cerdo". *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 17(6), ISSN: 1695-7504
- 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. 2016b. "Componentes del rendimiento y composición química de *Megathyrus maximus* en asociación con leguminosas". *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 17(12), ISSN: 1695-7504,
- AOAC. 2016. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Ed. 20th. Ed. AOAC International, Rockville, MD, U.S.A, ISBN: 978-0-935584-87-5
- Arango, J., Gutiérrez, J.F., Mazabel, J., Pardo, P., Enciso, K., Burkart, S., Sotelo, M., Hincapié, B., Molina, I., Herrera, Y. & Serrano G. 2016. Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad y competitividad de la actividad ganadera. In: *Herramientas para enfrentar el cambio climático*. Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, p. 58, ISBN: 978-958-694-155-6
- 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, ISSN: 0377-8401, DOI: [http://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)00688-6](http://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, DOI: <https://doi.org/10.14409/favecv.v18i1.8234>
- Bartlett, M. 1937. "Properties of sufficiency and statistical tests". *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*; 160(2): 268-282, ISSN: 1471-2946, DOI: <http://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, ISSN:0864-0394
- Cruz, M.C., Rodríguez, L.C., Viera, R.G., Mouso, J.P., Cabrera, D.M., Escobar, Y.T., Pérez, L.E.R., Hernández, M.P., Cuza, L.F. & Socarrás, Y.C. 2012. "Evaluación agronómica de tres gramíneas bajo condiciones edafoclimáticas". *Revista de Producción Animal*, 24(2), ISSN: 0258-6010



- De Lucena-Costa, N., Jank, L., Avelar-Magalhães, J., Azevedo-Rodrigues, A.N., Dos Santos-Fogaça, F.H., Burlamaqui-Bendahan, A. & De Seixas-Santos, F.J. 2018. "Características morfogênicas e estruturais de *Megathyrus maximus* cv. Tanzânia-1 sob intensidades de desfolhação". PUBVET, 12(4): 1-7, ISSN: 1982-1263, DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n4a67.1-7>
- De Lucena-Costa, N., Jank, L., Avelar-Magalhães, J., Nunes-Rodrigues, B.H. & De Seixas-Santos, F.J. 2019. "Resposta de pastagens de *Megathyrus maximus* cv. Zuri à frequência de desfolhação". Research, Society and Development, 8(8): e14881185, ISSN: 2525-3409, DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i8.1185>
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple range and multiple F test". Biometrics, 11(1): 1-42, ISSN: 0006341X, DOI: <https://doi.org/10.2307/3001478>
- Fortes, D., Valenciaga, D., García, C.R., García, M., Cruz, A.M. & Romero, A. 2016. "Evaluation of three varieties of *Megathyrus maximus* in the dry period". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(1):131-137, ISSN: 2079-3480
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5th Ed. Ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 98, ISBN: 970-32-1010-4
- 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
- Herrera, R.S. 2006. Fisiología, calidad y muestreos. In: Fisiología producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Ed. EDICA, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. p.1-108
- Herrera, R.S. 2015. "Instituto de Ciencia Animal: fifty years of experience in the evaluation of grasses with economical importance for animal husbandry". Cuban Journal of Agricultural Science, 49(2): 221-232, ISSN: 2079-3480
- Herrera, R.S., García, M. & Cruz, A.M. 2018. "Study of some climate indicators at the Institute of Animal Science from 1967 to 2013 and their relation with grasses". Cuban Journal of Agricultural Science, 52(4): 411-421, ISSN: 2079-3480
- Massey, F.J. 1951. "The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit". Journal of the American Statistical Association, 4(543): 68-78, ISSN: 1537-274X, DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2280095>
- Méndez-Martínez, Y., Reyes-Pérez, J.J., Luna-Murillo, R.A., Verdecia, D.M., Rivero-Herrada, M., Montenegro-Vivas, L.B. & Herrera, R.S. 2019. "Yield components and bromatological composition of three *Megathyrus maximus* cultivars in Guayas area, Ecuador". Cuban Journal of Agricultural Science, 53(4): 437-446, ISSN: 2079-3480
- Montenegro, L., Espinoza, I., Sánchez, A., Barba, C., García, A., Requena, A. & Martínez-Marín, A. 2018. "Composición Química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrus maximus*) con inclusión de residuos de frutas tropicales". Revista Científica, FVC-LUZ, 28(4): 306-312, ISSN: 0798-2259
- Morales-Velasco, S., Vivas-Quila, N. & Terán-Gómez, V.F. 2016. "Ganadería eco-eficiente y la adaptación al cambio climático". Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(1): 135-144, ISSN: 1909-9959, DOI: <http://dx.doi.org/10.18684/BSAA>
- 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, ISSN: 1870-0462
- Oyediji, S., Onuche, F.J., Animasaun, D.A., Ogunkunle, C.O., Agboola, O.O. & Isichei, A.O. 2016. "Short-term effects of early-season fire on herbaceous composition, dry matter production and soil fertility in guinea savanna, Nigeria". Archives of Biological Sciences, 68(1): 7-16, ISSN: 1821-4339, DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/ABS150526002O>
- Pereira, I., Mercêdes, J., de Pinto, K.A., Ferreira, W. & Araujo, W. 2017. "Brachiaria pasture occupation during the dry season in Brazilian savannah conditions". Global Science and Technology, 9(3): 151-162, ISSN: 1984-3801
- Ramírez, J.L., Zambrano-Burgos, D.A., Campuzano, Y., Verdecia-Acosta, D.M., Chacón-Marcheco, E., Arceo-Benítez, Y., Labrada-Ching, J. & Uvidia-Cabadiana, H. 2017. "El clima y su influencia en la producción de pastos". Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, 18(6), ISSN: 1695-7504
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. 9th Ed. Ed. USDA, Washington D.C., U.S.A., p. 332, ISBN: 92-5-105007-4
- Tapasco, J., Martínez, J., Calderón, S., Romero, G., Ordóñez, D.A., Álvarez, A., Sánchez-Aragón, L. & Ludeña, C.E. 2015. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia. Monografía No. 254. In: Sector Ganadero. Ed. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D.C., U.S.A., p. 50
- 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, ISSN: 2448-6698
- Velasco, M., Hernández, A., Vaquera, H., Martínez, J., Hernández, P. & Aguirre, J. 2018. "Análisis de crecimiento de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq) cv. Mombasa". Revista MVZ Córdoba, 23(Supl): 6951-6963, ISSN: 1909-0544, DOI: <http://dx.doi.org/10.21897/rmvz.1415>
- Verdecia, D.M., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Leonard-Acosta, I., Uvidia, H., Álvarez, Y., Paumier, M., Arceo, Y., Santana, A., & Almanza, D. 2012a. "Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Megathyrus maximus* en la Región Oriental de Cuba". Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, 16(11): 1-9, ISSN: 1695-7504
- Verdecia, D.M., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Leonard, I., Bodas, R., Andrés, S., Giráldez, F.J., Álvarez, Y. & López, S. 2012b. "Valoración nutritiva del *Panicum maximum* vc. Mombasa en las condiciones climáticas del Valle del Cauto, Cuba". Cuban Journal of Agricultural Science, 46(1): 97-101, ISSN: 2079-3480