



EVALUATION OF FERTILIZATION IN AGRONOMIC MORPHO RESPONSES OF *Cenchrus purpureus* VARIETIES AT DIFFERENT AGES OF REGROWTH †

[EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN EN RESPUESTAS MORFO AGRONÓMICAS DE VARIEDADES DE *Cenchrus purpureus* EN DIFERENTES EDADES DE REBROTE]

J. J. Reyes-Pérez¹; Y. Méndez- Martínez^{1*}; R.A. Luna-Murillo²;
A.L. Espinosa-Coronel³; J. L Triviño-Bravo³; J.A Guzmán-Acurio
and J. L. Ledea-Rodríguez^{4*}

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito. Km 1 ½ vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. E-mail: ymendezm@uteq.edu.ec

²Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador.

³Instituto Tecnológico Superior Ciudad de Valencia, Via Valencia km ½ El Pital, Quevedo, Ecuador.

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Instituto Politécnico Nacional. N° 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

*Corresponding author

SUMMARY

Background: It was noted in 2012 that the *Cenchrus* genus absorbed the *Pennisetum* genus, within which grass varieties that accumulate a large amount of standing dry matter (DM) are currently included, which is favored by the rainfall regime and assistance with fertilizers. **Objective:** To evaluate the effect of different fertilization variants (NPK, ferti-forage and without fertilization (control)) on the agronomic morpho response in varieties of *Cenchrus purpureus* (King grass verde, Elefante, Morado, Maralfalfa and Cuba CT-115) in different regrowth ages (45 and 60 days) in the conditions of the Santo Domingo Canton, Ecuador. **Methodology:** A study was carried out in a randomized block design with factorial arrangement, and its interaction (5x3x2) with five replicates. Yield of green biomass (t YG ha⁻¹), total dry matter, leaves and stems (t DM ha⁻¹) and morphological variables were considered. **Results:** The interaction of the second degree affected ($P \leq 0.001$) the performance of YG in favor of the Maralfalfa variety at 60 days of regrowth with the application of complete formula (83.60 t YG ha⁻¹), also this variety in this same age and fertilizer, provided the highest ($P \leq 0.001$) values in the total DM and stem yield (20.90 and 11.71 t DM ha⁻¹, respectively), the highest ($P \leq 0.001$) dry leaf yield was provided by the Cuba CT-115 at 60 days with application of ferti-forage (9.49 t DM ha⁻¹). **Implications:** The use of fertility provides greater accumulation of DM at the leaf level, where, under the conditions in which the study was carried out, it was the CT-115 that showed the best response to this alternative. All the varieties showed at the age of 60 days the greater accumulation of DM. **Conclusion:** The varieties Maralfalfa, Morado and CT-115 stood out in the productive response and morphology during growth under the combination of the factors of interest in this investigation. **Key words:** Age; forage; morphology; productivity; Ecuador.

RESUMEN

Antecedentes: Se señaló en 2012 que el género *Cenchrus* absorbe al género *Pennisetum*, dentro de la cual, actualmente se incluyen variedades de pasto que acumulan gran cantidad de materia seca (MS) en pie, lo cual se ve favorecido por el régimen de precipitaciones y asistencia con fertilizantes. **Objetivo:** Evaluar el efecto de diferentes variantes de fertilización (NPK, ferti-forraje y sin fertilización (control)) en la respuesta morfo agronómica en variedades de *Cenchrus purpureus* (King grass verde, Elefante, Morado, Maralfalfa y Cuba CT-115) en diferentes edades de rebrote (45 y 60 días) en las condiciones del Cantón Santo Domingo, Ecuador. **Metodología:** Se desarrolló un estudio en un diseño en bloques al azar con arreglo factorial, y su interacción (5x3x2) con cinco réplicas. Se consideró el rendimiento de biomasa verde (t MV ha⁻¹), materia seca total, hojas y tallos (t MS ha⁻¹) y variables morfológicas. **Resultados:** La interacción de segundo grado afectó ($P \leq 0.001$) el rendimiento de MV a favor de la variedad Maralfalfa a los 60 días de rebrote con aplicación de fórmula completa (83.60 t MV ha⁻¹), igualmente esta

† Submitted July 19, 2019 – Accepted June 23, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462.

variedad en esta misma edad y fertilizante, aportó los mayores ($P \leq 0.001$) valores en el rendimiento de MS total y de tallos (20.90 y 11.71 t MS ha⁻¹, respectivamente), el mayor ($P \leq 0.001$) rendimiento de hojas en base seca lo proporcionó el Cuba CT-115 a los 60 días con aplicación de ferti-forraje (9.49 t MS ha⁻¹). **Implicaciones:** El uso de fertiforraje proporciona mayor acumulación de MS a nivel de las hojas, donde, en las condiciones en las que se desarrolló el estudio fue el CT-115 quien mejor respuesta mostró a esta alternativa, sin embargo, todas las variedades manifestaron en la edad de 60 días a mayor acumulación de MS de forma indistinta al fertilizante aplicado.

Conclusión: Las variedades Maralfalfa, Morado y CT-115 se destacaron en la respuesta productiva y morfología durante el crecimiento bajo la combinación de los factores de interés en esta investigación

Palabras claves: Edad; forraje; morfología; productividad; Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en América Tropical en general se desarrolla casi exclusivamente en sistemas en pastoreo de praderas compuesta principalmente por gramíneas y en menor grado por asociación de estas con leguminosas nativas, y en pocas ocasiones con fabáceas cultivadas. Esta región se caracteriza por dos periodos estacionales bien marcados (lluviosos y poco lluviosos), donde el segundo, limita seriamente la producción de pasto, disminuyendo la disponibilidad y calidad (Luna Murillo *et al.*, 2016).

En condiciones de producción intensivas, los forrajes de corte cobran cada día mayor importancia como complemento al pastoreo, para contribuir al aumento en la carga animal, o como suplemento a la escasez del volumen de biomasa durante las estaciones secas. Los forrajes de corte en general presentan ventajas morfológicas y fisiológicas que los hacen deseables en condiciones edafológicas y ambientales específicas, por lo que se requiere su caracterización inicial previa a su utilización en cada región productora (Crespo *et al.*, 2018).

El género *Cenchrus purpureus* (anteriormente *Pennisetum purpureum*), en la mayoría de los países donde se cultiva, alcanza rendimientos anuales por encima de los obtenidos en otras gramíneas, incluso, en igualdad de condiciones. Los estudios que incluyen a este género señalan rendimientos anuales de materia seca (MS), que oscilan entre 20 y 28 t ha⁻¹, con gran variabilidad entre especies (Olivera-Castro *et al.*, 2017). Estas características le conceden vital importancia para la producción animal, por los altos volúmenes de biomasa logrados en tiempo relativamente cortos, así como la posibilidad de utilizarlos varias veces en el año (Leonard *et al.*, 2014).

Sin embargo, poseen como limitante un alto grado de lignificación de sus tejidos en un corto lapso de tiempo (45, 60 días), que, aunque no se manifiesta en el volumen de biomasa si le resta valor nutritivo a la planta, ya que los tenores de proteína decrecen en la medida que se incrementa el tejido fibroso a nivel de la pared celular (Ledea-Rodríguez *et al.*, 2017a). La fertilización puede reducir este efecto, mediante el accionar de las moléculas de amonio dentro de la

planta, estas captan a partir de los puntos de unión los esqueletos carbonados provenientes de la fotosíntesis, y los ubica en la planta como carbohidratos solubles, lo que beneficia considerablemente la calidad de la biomasa, además de incrementarse la producción de materia verde y seca, por el directo accionar de la fertilización en la multiplicación celular, y por ende en la producción de nuevos tejidos, mediante el aporte del nitrógeno para la síntesis de proteínas e incremento de acción enzimática por la disponibilidad de minerales (Ledea-Rodríguez *et al.*, 2017b).

En varias investigaciones conducidas en la región tropical (Lok *et al.*, 2013; Crespo y Martínez, 2016) se ha estudiado la evolución de la fertilidad general del suelo con la tecnología de banco de biomasa en variedades de *C. purpureus*. En estos trabajos se encontraron diversos comportamientos entre los tipos de suelo, condiciones climáticas, variedades y niveles de fertilización, por lo que desarrollar estudios en este sentido en las actuales condiciones edafoclimáticas del Ecuador sería de relevante utilidad e importancia para alternativas de producción ganadera a partir de pastos y forrajes. Por ello se propone como objetivo de la presente investigación, evaluar el efecto de la fertilización sobre las respuestas morfo agronómicas de variedades de *C. purpureus* en diferentes edades de rebrote.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización, clima y suelo

La presente investigación se desarrolló en la Hacienda “Rancho Brahman”, ubicada en el km 9 de la vía Chone en el Cantón Santo Domingo de los Colorados, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se encuentra entre las coordenadas geográficas de -0.68’ de latitud Sur y -80.10’ de longitud Oeste. A una altura de 490 metros sobre el nivel del mar. El experimento abarcó desde abril de 2012 hasta mayo 2013.

El clima del territorio se clasifica como subtropical húmedo (Köppen, 1931) con precipitaciones de 2454.4 mm año⁻¹, y temperaturas media, máxima y mínima de 23.87; 31.33 y 21.03 °C, respectivamente.

La humedad relativa se comportó en 86%, y la heliofanía en 675.60 horas luz año⁻¹.

El suelo presente en el área es Inceptisol (Staff, 2003). En el área destinada (961 m²) para la evaluación de las variedades en estudio, en forma de zigzag en toda la diagonal se tomaron muestras de suelo a una profundidad entre 0-20 cm hasta completar un kilogramo de suelo. Se obtuvieron 20 muestras independientes y representativas del área de estudio. Las cuales fueron transportadas al Laboratorio de Suelo de la Carrera Agrícola de la ESPAM - MFL, debidamente identificadas y embaladas, donde se desarrollaron las determinaciones de: pH (Pansu and Gautheyrou, 2006); conductividad eléctrica (Lillesand, Kiefer and Chipman, 2004); %MO (Walkley and Black, 1934); micro (Fe, Zn, Mn, Cu) y macroelementos (S, K, Ca, Mg) (Lindsay and Norvell, 1978). La composición química se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Características del suelo del área experimental.

Parámetros	Valor	Interpretación
pH	6.35	Ligeramente ácido
C. E. ds/m	0.13	No salino
M.O %	5.24	Alto
NH ₄ , cmol _c kg ⁻¹	26.45	Bajo
P, cmol _c kg ⁻¹	27.3	Alto
S, cmol _c kg ⁻¹	5.88	Medio
K, cmol _c kg ⁻¹	1.72	Alto
Ca cmol _c kg ⁻¹	13.00	Alto
Mg cmol _c kg ⁻¹	3.50	Alto
Cu cmol _c kg ⁻¹	10.70	Alto
Fe cmol _c kg ⁻¹	226.00	Alto
Zn cmol _c kg ⁻¹	6.40	Medio
Mn cmol _c kg ⁻¹	11.60	Medio
Ca/Mg	3.71	Optimo
Mg/K	2.03	Bajo
Ca+Mg/K	9.59	Bajo

Variedades en estudio

Se emplearon para el estudio cinco variedades de *Cenchrus purpureus* con potencial para el corte: King grass verde (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus typhoides*), Elefante (*Cenchrus purpureus*), King grass Morado (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus*

typhoides), Maralfalfa (*Cenchrus glaucum* x *Cenchrus purpureus*) y Cuba CT-115 obtenido por cultivos de tejidos partir de callos apicales en el Instituto de Ciencia Animal, Cuba.

Tratamiento y diseño experimental

Se empleó un diseño en bloques al azar en arreglo factorial con 5 réplicas. Se desarrollaron análisis de varianza en los que se controlaron los efectos variedades de *Cenchrus purpureus* (Verde, Morado, Maralfalfa, CT-115 y Elefante), fertilizantes (sin fertilización (testigo), formula completa y Ferti-forraje, edad de rebrote (45 y 60 días) y su interacción 5 x 3 x 2 para un total de 30 tratamientos.

Procedimiento

Las parcelas experimentales de dimensiones 5x5 m y área cosechable de 20.25 m² al desechar el efecto de borde, se poblaron en el mes de octubre de 2012 con las variedades de *C. purpureus* (Verde, Morado, Maralfalfa, CT-115 y Elefante) a una distancia de un metro entre calles y 50 cm entre plantas. Se consideró como subparcela a los tres surcos centrales donde se aplicó el fertilizante a razón de 30 g por planta (0.132 t ha⁻¹) en el momento de la germinación, los fertilizantes aplicados fueron NPK-Mg-S (21-0-28-2-3) y fertiforraje, de composición N (21), P (12), K (15), Mg (3), S (4). Durante el período de siembra y hasta la germinación se asistió con riego a razón de 500 m³ ha⁻¹. Periódicamente se desarrollaron controles contra malezas con herbicida 2,4-D amina. Al comenzar los experimentos la cobertura vegetal fue de 97%.

Las variedades tuvieron un período de establecimiento de seis meses (octubre - marzo), luego se realizó el corte de uniformidad a 15 cm de altura del suelo. Desde este momento se realizaron los muestreos entre 45 y 60 días de rebrote, eliminando 50 cm de efecto de borde y cortando todo el material del área cosechable, el cual fue considerado como masa verde.

Mediciones en las plantas

Se realizaron en cinco plantas por repetición en las diferentes edades. A cada planta se le retiraron las hojas y tallos con tijera de acero inoxidable. Se consideró el largo y ancho de la hoja, para lo que se seleccionó la cuarta hoja según la metodología propuesta por Herrera *et al.*, (2018) . El ancho de la hoja se obtuvo a partir del promedio de los segmentos base, medio y apical, medidos con una regla milimetrada, mientras que, para el largo se contempló desde la base hasta el ápice. El diámetro del tallo se midió en el cuarto entre nudo, según la metodología

descrita por Herrera (2006) utilizando un vernier (precisión de 0,05 mm), también se consideró la relación hoja/tallo y el número de tallos por macollas para lo cual se seleccionaron cuatro macollas por repetición.

Rendimiento de MS

Las cinco plantas que se seleccionaron para las mediciones agronómicas, se separaron en hojas y tallos y se conformó una muestra de 300 g que fue secada a temperatura variable según lo sugerido por Herrera (2006). A partir del peso seco de la muestra y el peso verde del área cosechable, se estimó el rendimiento de materia seca de hojas y tallos por hectárea. Para el rendimiento total de MS ha⁻¹, fueron seleccionadas de manera aleatoria en el corte otras cinco plantas, las cuales fueron cortadas en tamaño más pequeño y homogenizadas, de este pool se seleccionaron 300 gramos de planta íntegra y se procedió de igual forma para estimar el rendimiento de materia seca de hoja y tallos.

Análisis estadístico

Se empleó para el análisis el software Statistica v. 12.0. La distribución normal de los datos y homogeneidad de varianzas se comprobaron según los criterios de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y Bartlett (1937), en orden. Las medias resultantes de las interacciones se analizaron mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey (1984). El modelo matemático empleado en cada uno de los ANOVAs fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + V_j + F_k + EC_l + (V \times F)_{jk} + (V \times EC)_{jl} + (F \times EC)_{kl} + (V \times F \times EC)_{jkl} + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = variable respuesta; μ = constante común para todas las observaciones; R_i = efecto de la i-ésima réplica ($i=1, \dots, 4$); V_j = efecto de la j-ésima variedad ($j=1, \dots, 5$); F_k = efecto del k-ésimo fertilizante ($k=1, \dots, 3$); EC_l = efecto de l-ésima edad de rebrote ($l=1, 2$); $V \times F_{jk}$ = efecto combinado de la j-ésima variedad en el k-ésimo fertilizante; $V \times EC_{jl}$ = efecto

combinado de j-ésima variedad en la l-ésima edad de rebrote; $F \times EC_{kl}$ = efecto combinado del k-ésimo fertilizante en la l-ésima edad de rebrote; $V \times F \times EC_{jkl}$ = efecto combinado de j-ésima variedad en el k-ésimo fertilizante durante la l-ésima edad de rebrote. e_{ijkl} = error aleatorio normalmente distribuido con media cero y varianza σ^2 .

RESULTADOS

El valor superior ($P \leq 0.001$) para la producción de MV, se obtuvo en la variedad Maralfalfa a los 60 días de rebrote en fertilización con fórmula completa (Tabla 2), este valor se diferenció con el resto de las variedades ($P \leq 0.001$) en ambas edades y tipos de fertilización. Mientras que entre los 45 y 60 días las variedades Maralfalfa y Morado, respectivamente con aplicación de ferti-forraje se mostraron similares ($P \geq 0.05$) y fueron similares con la variedad Morado a la edad de 60 días con aplicación de fórmula completa, estos, a su vez, se diferenciaron ($P \leq 0.001$) con el resto de las variedades en las diferentes edades con la aplicación de los diferentes fertilizantes. Los valores inferiores ($P \leq 0.001$) se obtuvieron en el control, sin embargo, las variedades Verde, CT-115 y Elefante a la edad de 45 días, con aplicación de fórmula completa no se diferenciaron ($P \geq 0.05$) de este grupo. De forma general, los promedios obtenidos a los 45 días para todas las variedades se diferenciaron ($P \leq 0.001$) con respecto a los valores propios a los 60 días.

En el rendimiento de MS, la interacción de segundo grado mostró significancia ($P \leq 0.001$) para variables de rendimiento de hojas, tallos y total de MS (Tabla 3). En el rendimiento de MS total y de tallos los mayores resultados ($P \leq 0.001$) se obtuvieron en el cultivar Maralfalfa con 20.90 y 11.71 t MS ha⁻¹, respectivamente, a los 60 días de rebrote con aplicación de fórmula completa, para el rendimiento de MS de hojas, fue el Cuba CT-115 quien aportó la mayor producción ($P \leq 0.001$) cuando se aplicó ferti-forraje.

Tabla 2. Producción de biomasa de cinco variedades de *Cenchrus purpureus*.

Fertilizantes	Edad (días)	Variedades					¹ EE±	P
		Verde	Morado	Maralfalfa	CT-115	Elefante		
Biomasa Verde (t ha ⁻¹)								
Sin fertilización	45	44.57 ^l	53.90 ^j	50.42 ^k	40.63 ^m	50.43 ^k	0.354	0.0001
	60	62.70 ^h	66.90 ^{fg}	68.44 ^f	54.75 ^j	58.55 ⁱ		
Formula completa	45	54.94 ^j	64.24 ^h	70.58 ^e	58.76 ⁱ	59.65 ⁱ		
	60	73.64 ^d	76.64 ^c	83.60 ^a	63.43 ^h	62.48 ^h		
Ferti-Forraje	45	63.87 ^h	70.13 ^{ef}	74.54 ^{cd}	62.20 ^h	60.42 ⁱ		
	60	70.59 ^e	75.54 ^{cd}	78.25 ^b	66.36 ^g	65.70 ^{gh}		

^{a-l} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984).

¹EE: Error estándar

Tabla 3. Indicadores del rendimiento de cinco variedades de *Cenchrus purpureus*.

Fertilizantes	Edad (días)	Variedades					EE±	P
		Verde	Morado	Maralfalfa	CT-115	Elefante		
¹ Rendimiento total (t MS ha ⁻¹)								
Sin fertilización	45	8.91 ^P	10.78 ⁿ	10.08 ^o	8.94 ^p	10.09 ^o	0.075	0.0001
	60	16.30 ^g	16.73 ^{fg}	17.11 ^f	14.24 ^j	14.64 ^{ij}		
Formula completa	45	10.44 ^{ño}	12.85 ^l	14.12 ^{jk}	12.93 ^l	11.93 ^m		
	60	18.41 ^d	19.04 ^c	20.90 ^a	16.49 ^g	15.62 ^h		
Ferti-Forraje	45	13.41 ^k	14.03 ^{jk}	14.91 ⁱ	13.77 ^k	12.09 ^m		
	60	17.65 ^e	18.89 ^g	19.56 ^b	17.25 ^{ef}	16.42 ^g		
² Rendimiento Hojas (t MS ha ⁻¹)								
Sin fertilización	45	4.63 ^m	5.82 ^{jk}	5.45 ^k	5.01 ^l	5.65 ^k	0.038	0.0001
	60	6.52 ⁱ	7.03 ^g	7.36 ^f	7.26 ^f	6.00 ^j		
Formula completa	45	5.53 ^k	6.74 ^h	7.62 ^{ef}	7.50 ^f	6.20 ^j		
	60	7.36 ^f	7.81 ^e	9.20 ^b	8.91 ^c	6.25 ^j		
Ferti-Forraje	45	7.11 ^f	7.43 ^f	8.20 ^d	8.26 ^d	6.28 ^j		
	60	7.24 ^f	8.12 ^d	8.80 ^c	9.49 ^a	6.73 ^h		
³ Rendimiento Tallos (t MS ha ⁻¹)								
Sin fertilización	45	4.28 ^ñ	4.96 ^m	4.64 ⁿ	3.93 ^p	4.44 ^{mñ}	0.037	0.0001
	60	9.78 ^d	9.70 ^d	9.75 ^d	6.98 ^h	8.64 ^f		
Formula completa	45	4.91 ^m	5.91 ^k	6.49 ^j	5.43 ^l	5.73 ^k		
	60	11.05 ^b	11.23 ^b	11.71 ^a	7.59 ^g	9.37 ^e		
Ferti-Forraje	45	6.30 ^j	6.59 ^{ij}	6.71 ⁱ	5.51 ^l	5.80 ^k		
	60	10.41 ^c	10.77 ^c	10.76 ^c	7.76 ^g	9.69 ^d		

^{a-p} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)¹

^{a-m} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)²

^{a-ñ} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)³

Al analizar los indicadores morfológicos (Tabla 4) se presentaron, excepto para el diámetro de los tallos, diferencias ($P \leq 0.001$) en todos los indicadores, los mejores resultados fueron a los 60 días, en la altura fueron con el Ferti-Forraje para el Elefante, Morado, Maralfalfa y Verde con 2.53; 2.56; 2.64 y 2.66 metros de altura respectivamente. Para el número de tallos el valor superior ($P \leq 0.001$) con aplicación de ferti-forraje se observó en la vc Morado a los 60 días de rebrote con 29.49 tallos por macolla, igualmente presentó ($P \leq 0.001$) el mayor diámetro del tallo en conjunto con el CT-115 cuando se aplicó formula completa.

La longitud de las hojas se incrementó ($P \leq 0.001$) para el cultivar Verde, mientras que el ancho favoreció ($P \leq 0.001$) el cultivar Morado con respecto al resto de las variedades en las diferentes edades y aplicación de variantes de fertilización y sin ella. Ambos cultivares se vieron favorecidos en la edad de 60 días con aplicación de formula completa.

Para la relación hoja/tallo, la interacción de segundo grado también mostró significancia (Tabla 4) con el mejor ($P \leq 0.001$) comportamiento para el CT-115 a la

edad de 45 días con la aplicación de Ferti-Forraje, lo que pone de manifiesto las características de esta especie y su amplia utilización como banco de biomasa en la producción ganadera.

DISCUSIÓN

La fertilización se torna en un beneficio productivo sobre los cultivos cuando se hace uso de ella, y generalmente se hace con este fin, sin embargo, pocas veces se considera el poder esquilante o extractor de algunas plantas, entre ellas, las gramíneas. En las condiciones de Cuba, Crespo *et al.* (2000) encontraron en un sistema de pastoreo a base de *C. purpureus* vc Cuba CT-115 y *Cynodon nlemfuensis*, en las que, las salidas del sistema fueron superiores a las entradas, por la no incorporación de los nutrientes extraídos por parte de los pastos mencionados, considerándose la fertilización química de forma oportuna una opción sustentable para el mantenimiento del sistema y respuesta productiva de los cultivos que se desarrollen, este planteamiento fue corroborado inicialmente por Crespo-López *et al.* (2018) en sistemas de pastoreo intensivos y de corte mecanizado de bancos de biomasa de CT-115.

Tabla 4. Componentes morfológicos de cinco variedades de *Cenchrus purpureus*.

Fertilizantes	Edad, (días)	Variedades					EE ¹ ±	P
		Verde	Morado	Maralfalfa	CT-115	Elefante		
¹ Altura, m								
Sin fertilización	45	1.54 ^d	1.40 ^d	1.65 ^{cd}	1.17 ^e	1.90 ^c	0.027	0.0001
	60	1.94 ^c	1.74 ^{cd}	1.81 ^d	1.25 ^e	2.06 ^c		
Formula completa	45	2.17 ^{bc}	1.82 ^c	2.14 ^{bc}	1.43 ^d	2.04 ^c		
	60	2.46 ^{ab}	2.09 ^{bc}	2.49 ^{ab}	1.63 ^d	2.24 ^b		
Ferti-Forraje	45	2.31 ^b	2.26 ^b	2.37 ^b	1.55 ^d	2.25 ^b		
	60	2.66 ^a	2.56 ^a	2.64 ^a	1.89 ^c	2.53 ^a		
² Número de tallos/macolla								
Sin fertilización	45	8.55 ^w	11.25 ^u	8.92 ^v	7.78 ^z	7.93 ^y	0.017	0.0001
	60	15.57 ^o	18.44 ^m	15.66 ^o	12.47 ^t	13.86 ^r		
Formula completa	45	9.35 ^v	15.47 ^p	14.75 ^q	13.53 ^s	14.84 ^q		
	60	20.24 ^j	23.34 ^f	21.95 ^h	22.77 ^g	19.96 ^j		
Ferti-Forraje	45	16.87 ⁿ	21.01 ⁱ	18.77 ^h	19.21 ^k	15.25 ^o		
	60	23.64 ^d	29.48 ^a	24.45 ^c	26.75 ^b	23.53 ^e		
³ Diámetro de tallos, cm								
Sin fertilización	45	0.77 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.003	0.472
	60	0.86 ^{ns}	1.16 ^{ns}	0.85 ^{ns}	1.20 ^{ns}	0.91 ^{ns}		
Formula completa	45	1.27 ^{ns}	1.14 ^{ns}	0.82 ^{ns}	1.02 ^{ns}	0.90 ^{ns}		
	60	1.30 ^{ns}	1.35 ^{ns}	0.90 ^{ns}	1.35 ^{ns}	1.01 ^{ns}		
Ferti-Forraje	45	0.91 ^{ns}	1.02 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.98 ^{ns}	0.79 ^{ns}		
	60	1.04 ^{ns}	1.22 ^{ns}	0.78 ^{ns}	1.31 ^{ns}	0.81 ^{ns}		
⁴ Largo de hoja, m								
Sin fertilización	45	0.86 ⁿ	0.68 ^r	0.80 ^p	0.85 ^o	0.76 ^q	0.012	0.0001
	60	1.15 ^d	1.06 ^g	1.02 ⁱ	1.06 ^g	0.89 ^m		
Formula completa	45	1.04 ^h	0.88 ⁿ	1.12 ^c	1.04 ^{gh}	0.98 ^k		
	60	1.28 ^a	1.11 ^c	1.20 ^b	1.15 ^d	1.09 ^f		
Ferti-Forraje	45	0.91 ^l	0.84 ^o	0.96 ^k	0.95 ^k	1.00 ^j		
	60	1.18 ^c	1.13 ^c	1.12 ^c	1.20 ^b	1.11 ^c		
⁵ Ancho de las hojas, cm								
Sin fertilización	45	1.14 ^u	1.38 ^r	1.27 ^s	1.19 ^t	1.06 ^v	0.008	0.0001
	60	2.74 ^l	2.94 ^j	2.86 ^k	2.80 ^l	2.53 ⁿ		
Formula completa	45	3.15 ⁱ	3.61 ^e	2.57 ⁿ	3.18 ⁱ	2.79 ^l		
	60	4.07 ^b	4.36 ^a	3.46 ^g	3.76 ^d	3.16 ⁱ		
Ferti-Forraje	45	2.64 ^m	2.86 ^k	1.93 ^q	2.03 ^p	2.33 ^o		
	60	3.55 ^e	3.82 ^c	2.40 ^o	3.34 ^h	3.43		
⁶ Relación hoja/tallo								
Sin fertilización	45	1.08 ^g	1.17 ^f	1.17 ^f	1.27 ^c	1.28 ^c	0.0001	0.0001
	60	0.66 ^o	0.72 ^k	0.75 ^j	1.04 ^h	0.70 ^l		
Formula completa	45	1.13 ^f	1.18 ^{ef}	1.19 ^e	1.38 ^b	1.08 ^g		
	60	0.67 ^{mn}	0.70 ^l	0.79 ⁱ	1.17 ^f	0.68 ^m		
Ferti-Forraje	45	1.12 ^f	1.13 ^f	1.22 ^d	1.50 ^a	1.07 ^g		
	60	0.70 ^l	0.75 ^j	0.82 ^g	1.22 ^d	0.70 ^l		

^{a-e} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)¹^{a-z} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)²^{ns} No existieron diferencias significativas para P≥0.05(Tukey, 1984)³^{a-k} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)⁴^{a-p} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)⁵^{a-n} Al menos con una letra en común no presentan diferencias significativas según Tukey (1984)⁶

Los resultados para el valor significativamente superior de materia verde del presente estudio (Tabla 2), coinciden con los referidos por Roncallo *et al.*

(2012) en la evaluación de diferentes alternativas de fertilización en cinco variedades de gramíneas de corte en las condiciones de Colombia, sin observar

efectos en la interacción ($P \geq 0.05$) fertilizantes x cultivares. Los promedios del control del presente trabajo fueron mayores que las diferentes formulaciones de fertilizantes expuestos por Roncallo *et al.* (2012). Efectos que se vinculan con las características edáficas y variables climáticas de la región donde se desarrolló la experimentación con respecto a los referidos en el presente documento, ya que las variables mencionadas intervienen en las velocidades de degradación de compuestos, preponderancia de la flora edáfica, velocidad de los procesos metabólicos del suelo, entre otros factores (Ledea-Rodríguez *et al.*, 2017b), el alto contenido de materia orgánica en el suelo (Tabla 1), pudo haber determinado en gran parte la respuesta productiva del grupo control, ya que se relacionan directamente con la salud de la microflora, microbiota y macrobiota que brindan a las plantas un grupo de compuestos, entre ellos minerales, además de materia orgánica.

Para las variedades (King gras verde, Morado, Maralfalfa y Elefante) incluidas en el estudio de Roncallo *et al.* (2012), fue la Maralfalfa quien aportó el mayor volumen de producción de forraje verde ($70.5 \text{ t MV ha}^{-1}$), este valor es inferior al del presente estudio respecto a todas las variedades con la aplicación de fórmula completa y ferti-forraje, lo que destaca las potencialidades de estos cultivares en la producción de forraje verde cuando se les aplica fertilización en las condiciones de la amazonia ecuatoriana.

Para el rendimiento total de MS (Tabla 3), todas las variantes de fertilización, incluyendo la edad de 60 días de los cultivos a los que no se le aplicó fertilizante, superaron a los referidos por Roncallo *et al.* (2012), y los señalados por Ruiz *et al.* (2017) (entre $2\text{-}7 \text{ t MS ha}^{-1}$) en el corte de establecimiento de variedades de *Cenchrus* tolerantes a la sequía obtenidas por cultivos de tejidos. Estos autores no refirieron la composición química del suelo del área de estudio, por lo que se infiere a partir de la información disponible, que el alto contenido de materia orgánica que caracterizó al suelo de la presente investigación, contribuyó a la asimilación de los compuestos orgánicos potenciados por la fertilización química y aplicación de ferti-forraje.

Ledea-Rodríguez *et al.* (2018) con fertilización orgánica a razón de 25 t MO ha^{-1} luego del corte de uniformidad en variedades tolerantes a la sequía, reportaron rendimientos entre $10\text{-}14 \text{ t MS ha}^{-1}$ a los 60 días de edad. Las diferencias radican principalmente en la variabilidad climática de cada región donde se desarrollaron los estudios citados, así, Ledea-Rodríguez *et al.* (2017a) hicieron referencia sobre la susceptibilidad genética a los estímulos climáticos, donde enfatizó que determinados genes se activan ante estímulos

precisos, y esto determina la evolución y respuesta en estructura y productividad de los cultivos, por eso se deben esperar modificaciones agronómicas y morfológicas cuando interactúen la variedad, la edad de rebrote y la estación climática como fuente de variación en un estudio agronómico de gramíneas tropicales.

En este mismo sentido, Ledea-Rodríguez *et al.* (2017b), en condiciones de intensa sequía relacionó la baja productividad y calidad del forraje con reducida disponibilidad de MO en el suelo (3.5%), ya que no utilizó fertilización química en su experimentación, este autor, señaló que un bajo contenido de MO, en función del tipo de suelo, superpone un desequilibrio en las proporciones mineralógicas, y por tanto, distorsiona el equilibrio C/N entrando a competir los microorganismos del suelo por los compuestos orgánicos en conjunto con la planta, en el presente estudio, la disponibilidad de MO pudo evitar esté déficit, mantener el equilibrio y potenciar las des nitrificación en la materia orgánica a partir de la acción microbiana, y hacer más eficiente el proceso de fotosíntesis que justifica los altos rendimientos alcanzados. En correspondencia Canesin *et al.* (2012) abordaron que el nitrógeno disponible es el elemento mineral que más potencia dicha actividad, pudiendo imputarse esto a los efectos beneficiosos que su disponibilidad ejerce sobre el consumo de carbono, la actividad metabólica de los cloroplastos y su concentración en los tejidos de asimilación, lo cual justificaría el incremento de macromoléculas (proteínas) que influyen en el desarrollo de tejidos, y con ello en la producción de materia seca por unidad de superficie.

En cuanto variabilidad encontrada, se plantea que estos cambios se producen en una etapa determinada del crecimiento y desarrollo, como resultado de la interacción de las potencialidades genéticas de la especie y los factores ambientales, lo que se conoce como interacción genotipo-ambiente. Trabajos desarrollados en la parte oriental de Cuba por Fernández *et al.* (2015) señalaron que se debe considerar la respuesta individual que manifiestan los cultivares a las condiciones edafoclimáticas, manejo al que fueron sometidos (fertilización, sistema de corte) y hábito de crecimiento. En el presente estudio, las interacciones de los factores mencionados estuvieron manifiestos, considerándose que el tipo de suelo y sus características potenciaron el efecto de la fertilización en el rendimiento de MS total ha^{-1} .

Caballero-Gómez *et al.* (2016), con aplicación de riego ($250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y fertilizaron química con fórmula completa (NPK- 0.05 t ha^{-1}) evaluaron la respuesta productiva y composición química de cinco variedades de *C. purpureus*, y reportaron rendimientos de MS total, de hojas y tallos para el

período lluvioso con cortes cada 60 días de, 21.88-9.14-13.72; 19.20-7.98-9.82; 17.16-7.32-9.50; 16.68-7.50-8.26; 18.12-7.12-9.78 t MS ha⁻¹, total-hojas-tallos para King grass, OM22, CT-169, Morado y CT-115, en orden.

Los valores para el rendimiento total de MS coinciden con los obtenidos en el presente estudio al igual que la productividad de hojas (t MS ha⁻¹) con aplicación indistinta de fertilizante. En el rendimiento de tallos en base seca las variedades King grass verde, Morado y Maralfalfa, superaron los promedios de la mayoría de las variedades en estudio por Caballero-Gómez *et al.* (2016) excepto para el King grass que en su estudio rindió 13.72 t MS ha⁻¹.

Ledea-Rodríguez *et al.* (2018) señalaron que, la producción de materia seca por unidad de superficie denota capacidad fotosintética de la planta, en el género en estudio, esta es una de sus particularidades, pudiéndose constatar que las condiciones del Ecuador posibilitan que se manifieste esta capacidad a partir de la energía radiante y perpendicularidad en la incidencia de los rayos solares. Una alta productividad de MS a partir de las hojas posibilita una mayor concentración de nutrientes, que permite a las plantas mayor productividad, donde la fertilización juega un papel fundamental (García *et al.*, 2014).

Por otra parte, se plantea que cualquier variación que exista en los procesos fisiológicos es una respuesta al régimen térmico, precipitaciones y su distribución influyen directamente en la producción de materia seca y sus componentes, aunque es preciso no obviar otros aspectos que están incluidos en el manejo de los pastos como la edad de rebrote, frecuencia de corte, altura de corte y fertilización, entre otras variables (Ramírez de la Ribera *et al.*, 2017).

En condiciones de la Amazonia Ecuatoriana, resultados similares a los obtenidos en el presente estudio para rendimiento total de MS ha⁻¹, fueron obtenidos por Álvarez Perdomo *et al.* (2016a), en *Cenchrus purpureus* vc Morado asociado con leguminosas (*Centrocema pubescens* y *Peuraria lobata* Ohwi), con rendimientos de 13.16 y 16.04 t MS ha⁻¹, respectivamente, que se asemejan a los del presente estudio con aplicación de fórmula completa. Experiencia similar con la intercalación de leguminosas rastreras obtuvieron Álvarez Perdomo *et al.* (2016b) a la edad de 75 días con *Centrosema acutifolium* (13.1 t MS ha⁻¹).

Para los componentes morfológicos (Tabla 4), los valores de altura de la planta coincidieron con los reportados por Cruz-Tejeda *et al.* (2017) al evaluar nuevas variedades de *C. purpureus* obtenidas por cultivos de tejidos tolerantes a la salinidad a partir del

Cuba CT-115, estos autores notificaron 2.1 m de altura en el corte de establecimiento (180 días), mientras que Ledea-Rodríguez *et al.* (2017b) refirieron 0.80 m. Este valor, aunque menor a los referidos en el presente trabajo, les atribuyen a las variedades (CT-500 y CT-115) consideradas por Ledea-Rodríguez *et al.* (2017b) en su estudio, potencialidades para ser utilizadas en pastoreo debido al bajo porte, las diferencias entre los valores citados y los obtenidos en el presente estudio, estriban en las condiciones de suelo principalmente.

El crecimiento estacional y anual de los componentes morfológicos en el pasto tiene relación directa de las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo y las prácticas de manejo. La proporción de hojas, tallos y raíces que se generan por la interacción genotipo-ambiente son indicadores que se reflejan en el rendimiento de forraje. El conocimiento de la influencia de la estacionalidad en el crecimiento de especies de interés y las características intrínsecas de cada variedad, permite identificar la disponibilidad y, en consecuencia, adoptar estrategias de manejo (Ledea-Rodríguez *et al.*, 2018). En este sentido García *et al.* (2014), reportan que la especie *C. purpureus* tiene una alta variabilidad y sus genotipos presentan características morfológicas y productivas distintivas.

Para la longitud de las hojas; los valores señalados por Cruz-Tejeda *et al.* (2017), redundaron en 1.4 m, similares a los presentados en la tabla 4, mientras que los obtenidos por Ledea-Rodríguez *et al.* (2018) con la aplicación de fertilización orgánica con estiércol de bovino, a razón de 25 t MO ha⁻¹, superaron a los obtenidos en la presente investigación con valores ascendentes hasta 2.2 m. Para el diámetro del tallo los valores que aportaron estos autores son similares a los obtenidos en el presente estudio en la edad de 60 días, excepto para la variedad Maralfalfa. La combinación de largo y ancho de las hojas, le atribuye capacidad fotosintética por unidad de superficie a las plantas, de esta manera, es una de las predisposiciones por lo que el género *Cenchrus* posee una alta capacidad de conversión de asimilados provenientes de la fotosíntesis.

Álvarez-Perdomo *et al.* (2016a), encontraron el mayor largo y ancho de la hoja en el *C. purpureus* vc Morado con 1.29 m y 3.84 cm entre 45-60 días de edad al asociar esta variedad con el Kudzú, y Luna-Murillo *et al.* (2015) notificaron, que la especie *Pueraria phaseloides* aumentó el rendimiento de cinco gramíneas, entre ellas el género *Cenchrus*, lo que denota que el King grass es una especie que puede ser utilizada en asistencia de fertilizantes o en asociaciones. Luna-Murillo *et al.* (2015) señalaron que las producciones fueron mayores que cuando se utilizaron en combinación con diferentes especies del

género *Centrosema*, aunque factores como el suelo, clima, manejo, entre otros, pudieron influir en la respuesta productiva, aspectos que no fueron abordados en su estudio.

Mientras que para la relación hoja/tallo Nava-Cabello *et al.* (2013)) al evaluar el Cuba CT-115 en zonas semiáridas del noreste de México en dos densidades de siembra (170850 y 11350 plantas/ha) y diferentes momentos de siembra (julio-agosto y septiembre-octubre) reportaron relaciones de hojas con respecto a los tallos de 1.5-1.6, donde, los mayores valores lo señalaron en la siembra de julio-agosto con las menores densidades. Ledea-Rodríguez *et al.* (2018) en condiciones de intensa sequía estacional encontraron interacción entre las variedades y la edad de rebrote en cuanto al porcentajes de hojas respecto a los tallos, también interactuó de forma separada la estación climática con las variedades, observaron variabilidad en función de la edad y las variedades, lo que denota que el fenotipo fue afectado por la edad de la planta, aspecto que estuvo manifiesto en el presente estudio.

En la interacción clima x variedad, estos autores señalaron que, en el tiempo de lluvias (condiciones de Cuba) que se caracteriza por días largos y alta incidencia de las radiaciones solares, la proporción de hojas (31.3 %) se incrementó en las primeras edades (60 días) respecto a los tallos (28.2 %), pero las hojas fueron anchas y cortas (85.6 cm), mientras que en la época de pocas precipitaciones, que se caracteriza por días cortos y menor intensidad luminosa, la proporción de hojas/tallos (28.2/65.4) favoreció a los tallos, sin embargo, las hojas fueron menos anchas y más largas (89.2 cm).

Estas modificaciones morfológicas de las hojas, que se refleja en la proporción de hojas/tallos influenciadas, por una parte, por las ineludibles modificaciones morfológicas en función del crecimiento, y por otra, el clima, se justifican a partir de las necesidades de la planta de mantener el equilibrio hídrico y de igual forma, mantener de manera afectiva el proceso de fotosíntesis en aprovechamiento de la energía radiante, al respecto Uvidia-Cabadina *et al.* (2018) , señalaron que, en las condiciones del Ecuador la perpendicularidad de los rayos solares hace que las plantas, en especial las gramíneas, sean fotosintéticamente más eficientes, a pesar de ser esta una particularidad del género en estudio, advirtiendo Uvidia *et al.* (2015) que las diferencias entre las proporciones de hojas y tallos entre variedades, responde principalmente a mecanismos intrínsecos de cada variedad en el aprovechamiento de la energía radiante y eficiencia fotosintética.

CONCLUSIONES

Las variedades Maralfalfa, Morado y CT-115 se destacaron en la respuesta productiva y morfología durante el crecimiento bajo la combinación de los factores de interés en esta investigación. Se pudo observar que en la medida que avanzó la edad se incrementaron los rendimientos, mientras se afectó la relación hoja/tallo. Se deben considerar edades más prolongadas en la que se permita evaluar la curva de producción de forraje en las presentes condiciones experimentales, así como las modificaciones morfológicas, implicando variables morfo fisiológicas

Funding. La presente investigación fue autofinanciada

Conflict of interest statement. El colectivo de autores declara que no existen conflictos de intereses en la presente investigación

Compliance of ethical standards. Nothing to declare/does not apply.

Data availability. Los datos están disponibles con <Yuniel Méndez Martínez, ymendezm@uteq.edu.ec > previa solicitud razonable.

REFERENCIAS

- Álvarez Perdomo, G.R., García Martínez, A.R., Cabezas Congo, R.R., Samaniego Armijos, M.C., Jacho Macías, T.E., Rivera Zamora, C.M., Chacón Marcheco, E. and Ramírez De La Ribera, J.L., 2016a. Asociación del pasto *Cenchrus purpureum* vc Morado con dos leguminosas a diferentes edades de corte. *Revista Electronica de Veterinaria*, 17(6). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> 2016 Volumen 17 N° 6 - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060616/061603.pdf>
- 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. and Verdecia Acosta, D.M., 2016b. Componentes del rendimiento y composición química de *Megathyrus maximus* en asociación con leguminosas. *Revista Electronica de Veterinaria*, 17(12). <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649052025.pdf>
- Bartlett, M.S., 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A - Mathematical and Physical Sciences*, 160(901), pp.268–

- 282.
- Caballero-gómez, A., Martínez-zubiaur, R.O. and Hernández-chavez, M.B., 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes*, 39(2), pp.94–101.
- Canesin, R.C., Fiorentini, G. and Berchielli, T.T., 2012. Inovações e desafios na avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 13(4), pp.938–953.
- Crespo, G. and Martínez, R.O., 2016. Study of the chemical soil fertility in the biomass bank technology of *Pennisetum purpureum* Schum cv. Cuba CT-115 with different exploitation years. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(3), pp.497–502.
- Crespo, G., Rodríguez, I. and Martínez, R.O., 2000. Balance de NPK en un sistema de producción de leche con pastizal de *C. nlemfuensis* y banco de biomasa de *P. purpureum* clon CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 34, p.167.
- Crespo López, G., Cabrera Carcedo, E.A. and Díaz García, V.J., 2018. Study of the fertility of a carbonate red brown soil in a biomass bank with *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 of ten exploitation years. *Literature-Film Quarterly*, 52(1), pp.67–74.
- Cruz Tejada, J.M., Ray Ramírez, J.V., Ledea Rodríguez, J.L. and Arias Pérez, R.C., 2017. Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del Valle del Cauto, Granma. *Revista Producción Animal*, 29(3), pp.29–35.
- Fernández, M.J., Viamonte, I.M., Fonseca, N. and Ramírez, A., 2015. Evaluación de dos cultivares de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía en la región de Cauto Cristo, Granma, Cuba. *Revista Ciencia y Tecnología Ganadera*, 9(1), pp.23–29.
- García, L.M., Mesa, A.R. and Hernández, M., 2014. Potencial forrajero de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* en un suelo Pardo de Las Tunas Forage potential of four cultivars of *Pennisetum purpureum* on a Grayish Brown soil of Las Tunas. *Pasto Y Forrajes*, 37(4), pp.413–419.
- Herrera García, R.S., Fortes González, D., García Martínez, M., Cruz Santillán, A.M. and Romero Utría, A., 2018. Determinación del índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 mediante medidas en la cuarta hoja completamente abierta. *Avances en Investigación Agropecuaria*, [online] 22(3), pp.17–24. <http://www.redalyc.org/pdf/120/12020109.pdf>.
- Herrera, R.S., 2006. Fisiología, calidad y muestreos. In: R.S. Herrera, ed. *Fisiología producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás.*, Primera ed. Mayabeque: EDICA.p.108.
- Köppen, W., 1931. *Grundriss der klima kunde*. Berlin.
- Ledea-Rodríguez, J.L., Benítez-Jiménez, D.G. and Ray-Ramírez, J. V., 2017. *Comportamiento agronómico, químico y nutritivo de gramíneas tropicales*. Española ed. [online] Barcelona. <https://www.morebooks.de/store/es/book/comportamiento-agronómico-químico-y-nutritivo-de-gramíneas-tropicales/isbn/978-620-2-23352-1>.
- Ledea-Rodríguez, J.L., Ray-Ramírez, J.V., Arias-Pérez, R.C., Cruz-Tejada, J.M., Rosell-Alonso, G. and Reyes-Pérez, J.J., 2018. Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. *Agronomía Mesoamericana*, [online] 29(2), p.375. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/29546>.
- Ledea Rodríguez, J.L., Benítez Giménez, D.G., Arias Pérez, R.C. and Guerra Manso, A., 2017. Comportamiento agronómico de cultivares de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad. *Revista de Producción Animal*, 29(3), pp.18–28.
- Leonard, I., Uvidia, H., Andino, M. and Ramírez, J.L., 2014. The growth curve of the *Pennisetum purpureum* vc King grass in the Amazonía Ecuatoriana. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(7), pp.1–10. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143309753>
- Lillesand, T., Kiefer, R. and Chipman, J., 2004. Concepts and Foundations of Remote Sensing. In: T. Lillesand, ed. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5a ed. USA: Wiley International.p.812.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), pp.421–428.
- Lok, S., Fraga, S. and Noda, A., 2013. Biomass bank

- with *Cenchrus purpureus* cv. CT-115. Its effects on the carbon storage in the soil. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 43(3), pp.301–308.
- Luna Murillo, R., Espinoza Coronel, A., Avellaneda Cevallos, J.H., Reyes Pérez, J.J., Luna Murillo, M.V. and Iza Taco, N., 2016. Respuesta agronómica de tres variedades de *Brachiaria* en el cantón El Empalme provincia del Guayas, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 8(2), p.45.
- Massey, F.J., 1951. The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*, [online] 46(253), pp.68–78.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1951.10500769>.
- Nava-Cabello, J.J., Gutiérrez-Ornelas, E., Zavala-García, F., Olivares-Sáenz, E., Treviño, J.E., Bernal-Barragán, H. and Herrera García, R.S., 2013. Establecimiento del pasto ‘CT-115’ (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), pp.239–244.
- Olivera-Castro, Y. and Castañeda-Pimienta Odalys Caridad Toral-Pérez, L., 2017. Morphobotanical characterization of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone plants from a national collection. *Pastos y Forrajes*. 40(3), pp.184–187.
- Pansu, M. and Gautheyrou, J., 2006. *Handbook of Soil Analysis. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer ed. New York.
- Ramírez de la Ribera, J.L., Zambrano-Burgos, D.A., Campuzano, J., Verdecia-Acosta, D.M., Arceo-Benítez, Y., Labrada, C. and Uvidia-Cabadina, H., 2017. El clima y su influencia en la producción de los pastos. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(6), pp.1–12.
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf>
- Roncallo F., B., Sierra A., A.M. and Castro R., E., 2012. Rendimiento de forraje de gramíneas de corte y efecto sobre calidad composicional y producción de leche en el Caribe seco. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), p.71.
- Ruiz, T.E., Martínez, C.E., Álvarez, D., Mejías, R. and Diaz, H., 2017. Effect of plantation method and biomass production of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 Efecto del método de plantación y producción de biomasa de *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), pp.101–106.
- Staff, S.S., 2003. *Keys to Soil Taxonomy*. Ninth ed. Washington D. C: USDA.
- Tukey, J.W., 1984. *The collected works of John W. Tukey*. Volumen I, David R. Brillinger, David Roxbee Cox, Henry I. Braun, (ed). Taylor and Francis.
- Uvidia-Cabadina, H.A., Ramírez-De la Ribera, J.L., de Decker, M., Torres, B., Samaniego-Guzmán, E.O., Ortega-Tenezaca, D.B., Reyes-Silva, D.F. and Uvidia-Armijo, L.A., 2018. Influence of age and climate in the production of *cenchrus purpureus* in the ecuadorian amazon region. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, pp.95-100.
- Uvidia, H., Ramirez, J., Vargas, J., Leonard, I. and Sucoshañay, J., 2015. Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Electronica de Veterinaria*, 16(6).
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63641399006.pdf>
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, [online] 37(1).
<https://journals.lww.com/soilsci/Fulltext/1934/01000/AN_EXAMINATION_OF_THE_DEGTJAREFF_METHOD_FOR.3.aspx>.