



COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE *CENCHRUS PURPUREUS* TOLERANTES A LA SALINIDAD EN LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA GRANMA, CUBA

PERFORMANCE OF *CENCHRUS PURPUREUS* VARIETIES TOLERANT TO SALINITY UNDER THE EDAPHOCLIMATIC CONDITIONS OF GRANMA PROVINCE, CUBA

¹Y. ÁLVAREZ¹, ²R.S. HERRERA^{2*}, ¹J.L. RAMÍREZ¹,
¹D.M. VERDECIA¹, ¹D. BENÍTEZ³, ¹S. LÓPEZ⁴

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Apartado Postal 21, Bayamo, C.P. 85 100, Granma, Cuba.

²Instituto de Ciencia Animal, C. Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Apartado Postal 21, Bayamo, C.P. 85 100, Granma, Cuba.

⁴Instituto de Ganadería de Montaña (IGM), CSIC Universidad de León, Finca Marzanas, 24346 Grulleros, León, España.

*E-mail: rsherrera48@gmail.com

Mediante un diseño de bloques al azar y cuatro réplicas se estudió el comportamiento productivo y calidad de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad (CT-500, CT-502, CT-504, CT-508) comparados con el CT-115 en las condiciones edafoclimáticas de la provincia Granma a diferentes edades de rebrote (45, 60, 75 y 90 días). Se evaluaron longitud y ancho de hojas y entrenudo, altura de la planta, porcentaje de hojas y tallos, área foliar, Tasa de Crecimiento Absoluto y Tasa de Crecimiento Relativa, rendimiento en materia seca y los indicadores de calidad PB, FDN, FDA, LAD, DMS e índice de consumo bovino. Hubo interacción significativa ($P < 0.05$) e incrementos con la edad de rebrote, para la longitud de las hojas, entrenudos, altura de planta, ancho de las hojas y área foliar con 136.75 cm, 20.10 cm, 187.50 cm (CT-504), 4.18 cm y 549.75 cm² para CT-115 a los 90 días, respectivamente, aunque no se presentó diferencias para esta variable en las variedades CT-500 y CT-502. Las mayores Tasa de Crecimiento Absoluto y Relativa durante la estación lluviosa fueron para CT-115 a los 60 días con 3.12 cm.día⁻¹ y 0.0173 cm.cm⁻¹.día⁻¹, respectivamente y también para los componentes de la pared celular (FDN, FDA y LAD) con valores de 70.93 %, 39.20 % y 4.89 % a los 90 días para el CT-504 (FDN y FDA) y CT-500 (LAD). Hubo decrecimiento de la PB y DMS en 6.64 y 16.59 unidades porcentuales respectivamente, con los mayores valores a los 45 días de rebrote (11.90 y 67.73 %) en las variedades CT-115 y CT-502. El índice de consumo se incrementó hasta los 60 días con su mayor valor (114.95 g.kg⁻¹ PV) para

Using a random block design and four replications, the productive performance and quality of salinity - tolerant *Cenchrus purpureus* varieties (CT-500, CT-502, CT-504, CT-508) was studied and compared with CT-115 under the edaphoclimatic conditions of Granma province at different regrowth ages (45, 60, 75 and 90 days). There were evaluated length and width of leaves and internodes, plant height, leaves and stem percent, leaf area, Absolute Growth Rate and Relative Growth Rate, dry matter yield and the quality indicators CP, NDF, ADF, ADL, DMA and bovine intake index. There was significant interaction ($P < 0.05$) and increases with the regrowth ages, for the length of leaves, internodes, plant height, leaves width and leaf area with 136.75 cm, 20.10 cm, 187.50 cm (CT-504), 4.18 cm and 549.75 cm² for CT-115 at 90 days, respectively, although there were not differences for this variable in CT-500 and CT-502 varieties. The highest Relative and Absolute Growth Rate during the rainy season were for CT-115 at 60 days with 3.12 cm.day⁻¹ and 0.0173 cm.cm⁻¹.day⁻¹, respectively, and for the components of the cell wall (NDF, ADF and ADL) with values of 70.93 %, 39.20 % and 4.89 % at 90 days for CT-504 (NDF and ADF) and CT-500 (ADL). There were decrease of CP and DMD in 6.64 and 16.59percentage units respectively, with the highest values at 45 regrowth age (11.90 and 67.73 %) in CT-115 and CT-502 varieties. The intake index was

Recibido: 25 de agosto de 2023

Aceptado: 30 de noviembre de 2023

Conflicto de intereses: No existe conflicto de intereses entre los autores

Declaración de contribución de autoría CRediT: Y. Álvarez: **Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Redacción-borrador original.** R.S. Herrera: **Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Redacción-borrador original, Redacción -revisión y edición.** J.L. Ramírez-de la Ribera: **Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Redacción-borrador original.** D.M. Verdecia: **Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Redacción-borrador original.** D. Benítez: **Curación de datos, Redacción-borrador original.** S. López: **Curación de datos, Redacción-borrador original.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



CT-115. El efecto de la interacción variedad x edad de rebrote en variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad en los indicadores morfológicos, rendimiento y calidad nutritiva quedó demostrado en el presente estudio y se obtuvieron los mejores indicadores morfológicos, rendimiento, tasa de crecimiento y componentes de la pared celular en CT-504 y CT-508, mientras que CT-115 fue superior en área foliar, digestibilidad e índice de consumo. Estas variedades pueden ser una opción para la alimentación del vacuno en suelo de mediana a baja salinidad de la región oriental del país.

Palabras clave: calidad nutritiva, indicadores morfológicos, rendimiento, tasa de crecimiento

increased until 60 days with it highest value (114.95 g.kg⁻¹ LW) for CT-115. The effect of the interaction variety x regrowth age in salinity-tolerant *Cenchrus purpureus* varieties in the morphological indicators, yield and nutritive quality was showed in this study and the best morphological indicators, yield, growth rate and components of the cell wall in CT-504 and CT-508 were obtained, while CT-115 was higher in leaf area, digestibility and intake index. These varieties can be an option for cattle feeding in soil of medium and low salinity of the eastern region of the country.

Key words: nutritive quality, morphological indicators, yield, growth rate

Introducción

En Cuba los pastos y forrajes fueron, son y serán la base alimentaria del ganado vacuno. Las razones que justifican este postulado son, entre otras: posibilidades de cultivarlos todo el año, capacidad del rumiante de utilizar alimentos fibrosos, no compite como fuente de alimento con otras especies, resulta económicamente viable su utilización y contribuyen a la conservación y mejoramiento del entorno (Herrera et al. 2017).

Uno de los factores que más influye en el rendimiento y calidad de los pastos y forrajes es el suelo donde se desarrollan, que se puede alterar por causas naturales o provocadas por la actividad humana, donde los procesos de salinización desempeñan un papel primordial. A nivel mundial se encuentran afectadas por este flagelo millones de hectáreas y se estima que se pierden por esta causa 1,5 millones de hectáreas con riego, lo que significa la reducción de once mil millones de dólares en la productividad agrícola (FAO 2018).

En Cuba se encuentran dañadas por la salinidad un millón de hectáreas, alrededor del 15 % del área agrícola y con grave riesgo de seguir aumentando. En la región oriental del país se presentan los mayores daños con alrededor de 650 000 hectáreas de suelos dedicados a la ganadería y a la agricultura y es una de las principales causas de la baja eficiencia económica y productiva del territorio, por la disminución de la producción de los pastos y forrajes, de hasta el 25 % en muchas de las empresas de la región. En el Valle del Cauto, con una extensión de 9 540 km², el proceso de salinización alcanza 38 % de su área (INRH 2018).

Como estrategia para solucionar este problema, en el Instituto de Ciencia Animal a través del cultivo de tejidos *in vitro* como herramienta para el mejoramiento vegetal se obtuvieron nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* con marcadas diferencias fenotípicas y crearon nuevas expectativas en su utilización. Se seleccionó CT-169 con características forrajeras y CT-115 para pastoreo y se desarrolló la tecnología de bancos de biomasa para solucionar el déficit de alimento en el período poco lluvioso. Esta línea de pensamiento se siguió desarrollando y se

aplicaron los mutágenos físicos y químicos para obtener nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* (Herrera et al. 2015), con posible tolerancia a la sequía y a la salinidad (Herrera et al. 2003).

Esta alternativa de utilización de nuevas variedades, obtenidas por cultivo de tejidos a partir del CT-115, con tolerancia a la salinidad y que en las condiciones de Granma han demostrado un comportamiento promisorio en comparación con su progenitor (Arias et al. 2018 y Ray et al. 2018) pudiera ser una opción para la alimentación animal si se establecen favorablemente en estas condiciones edafoclimáticas.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el comportamiento productivo y calidad de variedades de *Cenchrus purpureus* (CT-500, CT-502, CT-504 y CT-508, comparadas con CT-115) en suelos de mediana a baja salinidad de la provincia Granma, Cuba.

Materiales y métodos

Ubicación del área experimental, clima y suelo. El experimento se realizó en la UBPC "Francisco Suárez Soa", perteneciente a la empresa Agropecuaria de Bayamo, de la provincia Granma, localizada a 7,5 km de Bayamo, en la carretera a Holguín. Esta se encuentra dentro de un área con características de regiones semiáridas en la provincia. Se consideraron dos períodos estacionales, lluvioso (de mayo a octubre) y poco lluvioso (de noviembre a abril). Durante la etapa experimental en el período lluvioso las precipitaciones fueron de 406 mm, la temperatura media, mínima y máxima registró valores de 30.55 °C, 26.96 °C y 34.01 °C, respectivamente y la humedad relativa media de 83.0 %. En el poco lluvioso las precipitaciones alcanzaron los 67 mm, la temperatura fue de 24.1 °C, 18.5 °C y 29.8 °C para la media, mínima y máxima, respectivamente y la humedad relativa media de 80.33 %. Valores que se encuentran dentro del rango de la media histórica, excepto las precipitaciones, donde actualmente son cada vez más pobres en el período poco lluvioso.

El suelo presente en el lugar experimental es de tipo Vertisol pélico según la nueva clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.* 2015), con extensas áreas afectadas por procesos de salinización de mediana a baja (2-4 ds.m⁻¹) y bajo contenido de materia orgánica. La composición química del suelo aparece en la [tabla 1](#).

Tabla 1. Composición química del suelo en el área experimental

pH		mg.100g ⁻¹ de suelo		MO, %	Salinización, ds.m ⁻¹
KCl	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O		
4.9	6.3	0.97	6.2	2.35	2.6

Diseño experimental y tratamientos. Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro réplicas y la unidad experimental fueron las parcelas de 20 m². Los tratamientos fueron cuatro nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* (CT-500, CT-502, CT-504 y CT-508) obtenidas por cultivo de tejido *in vitro* en el Instituto de Ciencia Animal (Herrera *et al.* 2003) y se compararon con el progenitor (CT-115). Todas las variedades se identificaron molecularmente (Álvarez 2021).

Procedimiento experimental. Se escogió un área llana, libre de piedras grandes y sin bajíos, después de un mapeo de suelo para definir una zona de mediana a baja salinidad. El suelo se preparó de forma convencional en el mes de abril de 2016 y la plantación se realizó en el mes de mayo. Se utilizó semilla agámica de cinco meses de edad (procedente de la estación de pastos y forrajes del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIA) “Jorge Dimitrov”), la que se depositó en el fondo del surco de 20 cm de profundidad, superpuestas la parte apical y la basal de la siguiente, luego se picaron con un machete en trozos de 4-5 yemas espaciadas a un metro entre surcos y una densidad de 4 t.ha⁻¹. El tapado se realizó con azadón con 10 cm de suelo. Se garantizó la misma cantidad de semilla y yemas por parcelas para tener la misma población. El período de establecimiento duró 180 días y se realizó el corte de homogeneidad y la población por parcela fue de 99 %. No se fertilizó ni regó durante el período experimental. Se realizaron labores manuales para el control de malezas.

Evaluaciones. A partir del corte de establecimiento las mediciones se realizaron en cinco plantas por réplica (Herrera 2005, 2007) a los 45, 60, 75 y 90 días de rebrote en cada período estacional. Se determinó la longitud y ancho (cm) de la cuarta hoja completamente abierta y altura de la planta (cm) para lo que se empleó una regla milimetrada. Para la longitud y diámetro del cuarto entrenudo (cm) de abajo hacia arriba se utilizó un Pie de Rey. Se determinó el

área foliar (cm²) según las recomendaciones de Ferraris y Wood (1980), el porcentaje de hojas y tallos se cuantificó mediante el peso de cada parte en cinco plantas. No se contabilizó el material muerto por su insignificante aparición a los 90 días de rebrote.

Las variables fisiológicas Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) se calcularon según el procedimiento descrito por de Armas *et al.* (1988) y se emplearon las siguientes formulas:

$$TCA = \frac{\text{Diferencia de altura}}{\text{Diferencia de tiempo}} \quad (\text{cm} \cdot \text{día}^{-1})$$

$$TCR = \frac{\text{Diferencia de altura}}{\text{Diferencia de tiempo}} \times \frac{1}{\text{Altura final}} \quad (\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{día}^{-1})$$

Para determinar el rendimiento de materia seca (MS) se realizó el corte y pesaje de la parcela en cada una de las edades evaluadas (45, 60, 75 y 90 días), de noviembre a enero para el período poco lluvioso y de mayo a julio para el lluvioso, a una altura de 10 cm, para obtener el volumen total de cada parcela. Se desecharon 50 cm de efecto de borde en las cabeceras y un metro en los laterales. Para determinar el porcentaje de MS del forraje, se pesó una muestra de 200 g (con cuatro réplicas por edades de corte en cada variedad) en una balanza digital con una precisión de ± 1 g. Esta muestra se mantuvo durante 72 h en una estufa de circulación de aire a 60 °C hasta alcanzar peso constante para su análisis (AOAC 2016).

Composición química. A la planta íntegra para cada variedad y edad de rebrote, luego de molinada en un molino con criba de 1 mm se le determinó materia seca (MS) y proteína bruta (PB) según los métodos de la AOAC (2016) y FDN, FDA, LAD según Goering y Van Soest (1970), todas por triplicado.

Para la digestibilidad de la Materia Seca se empleó el método de Ørskov *et al.* (1980), se utilizaron dos bovinos canulados de 400 kg de peso, pertenecientes a la raza Criolla Cubana, los que se trataron contra ecto y endoparásitos antes de iniciar la prueba. Ante y durante el período experimental, los animales estuvieron estabulados y recibieron una dieta base de gramíneas a razón de 10 % de su peso vivo, en proporciones de 80:20 de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 y CT-169 y *Cynodon nlemfuensis* vc. jamaicano previa adaptación de dos semanas al alimento. Las muestras de cada edad de rebrote se incubaron por triplicado en cada animal.

Para ello se emplearon bolsas de nailon de 10 cm de ancho x 15 de largo, con tamaño de poro de 50 µm de diámetro. Cinco gramos de muestra se pesaron y adicionaron en cada bolsa, que posteriormente se incubaron por duplicado en cada uno de los animales en los horarios de 24 horas. Después de retiradas, las bolsas se lavaron con

agua corriente hasta que escurrió limpia. Luego se colocaron en bandejas de aluminio y secadas en estufa de circulación de aire a 65 °C por 72 horas y finalmente se pesaron. La diferencia entre el peso inicial de la muestra colocada en las bolsas y el peso del residuo después de la incubación se utilizó para determinar MS digerida en el rumen (Ørskov y McDonald 1979).

El Índice de Consumo Bovino (ICB), expresado en gramos de materia seca por peso metabólico (gMS.PV^{0.75}), se determinó por el consumo en 24 horas, según la metodología propuesta por Cáceres y González (2000), cuantificado mediante la oferta menos rechazo (consumo (kg)= oferta de forraje-rechazo). Para lo cual se emplearon cuatro bovinos machos mestizos de Cebú, sanos con un peso promedio de 317 kg ±15, a los que se le suministró una dieta base de forraje de las variedades evaluadas a diferentes edades de corte a razón del 15 % de su peso vivo, divididas en dos raciones 08:00 y 16:00 horas. No se suministró suplementos y dispusieron de agua *ad libitum* en el corral, el que disponía de adecuado espacio vital y frente de comedero para la categoría. Antes de la evaluación los animales permanecieron 15 días consumiendo forraje de este género.

Análisis estadístico. Se empleó el programa Statistica 12.0 (StatSoft 2011), la distribución normal de los datos se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) y la homogeneidad de varianzas según el criterio de Bartlett (1937). Se realizaron análisis de varianza según las exigencias del diseño experimental. Las medias se compararon mediante la dócima de Keuls (1952). Para los indicadores agronómicos se determinó el valor medio y el error estándar.

Resultados

Los indicadores morfológicos durante el período lluvioso (tabla 2) presentaron interacción (variedad x días para P<0.05) y hubo incrementos con la edad de rebrote, para la longitud de las hojas, entrenudos, altura de planta, ancho de las hojas y área foliar con 136.75 cm, 20.10 cm, 187.50 cm² (CT-504), 4.18 cm y 549.75 cm² para CT-115 a los 90 días, aunque no se presentó diferencias para esta variable con CT-500 y CT-502. El diámetro de los entrenudos aumentó hasta los 75 días para luego decrecer con los mayores resultados con 2.00 cm para el CT-500.

Durante el período poco lluvioso (tabla 3) se encontró variabilidad en su comportamiento con respecto al período lluvioso, donde la longitud, ancho de las hojas y área foliar presentaron sus valores más altos a los 75 días para la variedad CT-500 (107.30 cm, 3.60 cm y 380.63 cm², respectivamente). La longitud de los entrenudos y altura de las plantas fue mayor a los 90 días en CT- 504 con 15.48 cm y 169.75 cm, respectivamente. Por otra parte, el diámetro de

los entrenudos con 1.88 cm fue mayor a los 60 días en la variedad CT- 500 para luego disminuir hasta los 90 días en 0.69 cm.

Para la Tasa de Crecimiento Absoluto y la Tasa de Crecimiento Relativo (tabla 4) durante el período lluvioso los mayores valores fueron para CT-115 a los 60 días con 3.12 cm.día⁻¹ y 0.0173 cm.cm⁻¹.día⁻¹, respectivamente y durante el período poco lluvioso la TCA fue mayor para CT-508 a los 45 con 2.32 cm.día⁻¹ y la TCR con 0.014 cm.cm⁻¹.día⁻¹ a los 75 días de rebrote para CT-115.

Los indicadores del rendimiento durante el período lluvioso (tabla 5) presentaron interacción variedad x días para P<0.05, con aumento del porcentaje de tallos y rendimiento en materia seca con la edad de rebrote con los mayores valores para CT-504 (71.90 % y 14.79 t.ha⁻¹); por su parte, las hojas disminuyeron con 57.98 % a los 45 días para CT-500. Durante el período poco lluvioso (tabla 6) se mantuvo un comportamiento similar con 77.87 % de tallos y 4.99 t.ha⁻¹ de MS para CT-504 a los 90 días, y 31.67 % de hojas a los 45 días para CT-508.

La calidad nutritiva durante el período lluvioso (tabla 7) mantuvo un comportamiento característico de las gramíneas con incrementos con la edad de los componentes de la pared celular (FDN, FDA y LAD) con valores de 70.93, 39.20 y 4.89 % a los 90 días para CT-504 (FDN y FDA) y CT-500 (LAD), y decrecimiento de la PB y DMS en 6.64 y 16.59 unidades porcentuales con los mayores valores a los 45 días de rebrote (11.90 % y 67.73 %) en las variedades CT-115 y CT-502. El índice de consumo se incrementó hasta los 60 días con el mayor resultado (114.95 g.kg⁻¹ PV) para CT-115. Durante el período poco lluvioso (tabla 8) a los 90 días de rebrote fue más elevada la pared celular, FDA y LAD para CT-508 con 73.55, 39.98 y 4.85 %, respectivamente. La PB y DMS fueron mejores para CT-500 y CT-502 a los 45 días con 11.90 y 65.90 %, respectivamente y el ICB con 116.70 g.kg⁻¹ PV fue mayor para CT-115 a los 60 días.

Discusión

Los cambios en la composición morfológica de las variedades de *Cenchrus purpureus* (tablas 2 y 3) están influenciados por las condiciones edafoclimáticas, las cuales pueden incrementar o disminuir el crecimiento de las hojas y tallos, así como variar su desarrollo. Ledea Rodríguez et al. (2017) y Arias et al. (2019) encontraron que las hojas incrementan su aparición, cuando existen temperaturas entre 20 a 32.5 °C, pero disminuyen si la temperatura supera los 35 °C (Ledea Rodríguez et al. 2018a). En la presente investigación durante el período lluvioso se incrementaron estos indicadores mientras que en el poco lluvioso aumentaron hasta los 75 días para luego decrecer. En estudios de Arias et al. (2019) no se encontraron diferencias

Tabla 2. Comportamiento de indicadores morfológicos en el período lluvioso

Variedades	Edad, días				SE'±	p
	45	60	75	90		
Longitud de la hoja, cm						
CT-500	88.25 ⁱ	100.75 ^c	93.00 ^b	129.75 ^d	1.85	0.0001
CT-502	88.24 ⁱ	100.70 ^c	92.97 ^b	129.70 ^d		
CT-504	86.25 ^j	97.75 ^f	97.75 ^f	136.75 ^a		
CT-508	84.75 ^k	95.50 ^g	95.00 ^g	127.25 ^c		
CT-115	86.75 ⁱ	97.13 ^f	95.75 ^g	131.88 ^b		
Ancho de la hoja ,cm						
CT-500	2.55 ^e	2.95 ^{cd}	3.35 ^b	4.18 ^a	0.33	0.001
CT-502	2.53 ^e	2.92 ^{cd}	3.33 ^b	4.16 ^a		
CT-504	2.43 ^e	2.48 ^e	3.38 ^b	4.13 ^a		
CT-508	2.33 ^f	3.03 ^c	3.30 ^b	3.38 ^b		
CT-115	2.53 ^f	2.68 ^{de}	3.30 ^b	4.18 ^a		
Longitud de entrenudos,cm						
CT-500	9.76 ^h	9.18 ^{ij}	9.53	16.08 ^{cd}	0.55	0.001
CT-502	9.74 ^h	9.16 ^{ij}	9.52	16.04 ^c		
CT-504	8.48 ^k	10.60 ^g	11.38 ^e	20.10 ^a		
CT-508	9.33 ⁱ	8.88 ^{jk}	11.20 ^{ef}	16.60 ^d		
CT-115	9.05 ^{ij}	10.54 ^g	10.71 ^{fg}	19.04 ^b		
Diámetro de los entrenudos,cm cmcm						
CT-500	1.64 ^g	1.80 ^a	2.00 ^a	1.50 ^b	0.05	0.001
CT-502	1.66 ^{fg}	1.78 ^a	1.99 ^a	1.48 ^b		
CT-504	1.70 ^{ef}	1.70 ^{ef}	1.88 ^b	1.51 ^b		
CT-508	1.50 ^h	1.73 ^{de}	1.90 ^b	1.28 ^j		
CT-115	1.78 ^c	1.76 ^{cd}	1.86 ^b	1.34 ⁱ		
Altura Planta,cm						
CT-500	78.75 ^m	132.00 ^j	147.25 ^f	180.25 ^b	3.25	0.0001
CT-502	78.76 ^m	128.00 ^{ij}	147.22 ^f	180.23 ^b		
CT-504	115.00 ^k	140.25 ^h	170.75 ^d	187.50 ^a		
CT-508	86.50 ^l	129.25 ^j	144.25 ^g	177.75 ^c		
CT-115	88.38 ^l	133.13 ⁱ	156.63 ^e	182.88 ^b		
Área foliar, cm ²						
CT-500	225.43 ^b	297.05 ^c	311.38 ^d	541.73 ^a	12.44	0.001
CT-502	225.41 ^b	296.98 ^c	311.35 ^d	541.70 ^a		
CT-504	208.90 ⁱ	240.23 ^g	330.50 ^c	478.93 ^b		
CT-508	196.55 ^j	288.98 ^c	313.15 ^d	486.68 ^b		
CT-115	218.49 ^{hi}	259.30 ^f	315.99 ^d	549.75 ^a		

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 **Keuls (1952)**

'EE, error estándar de la interacción variedad x días

marcadas en el ancho de las hojas y su longitud mostró los valores más altos a los 90 días, respuesta que se relacionó con los valores de luminosidad que tributan al área foliar e interceptación de la energía radiante, de ahí que la estación climática favorece la morfología de hojas y no parece tener efecto el sombreado mutuo de las hojas lo que contribuye al mantenimiento de la cobertura del dosel.

Resultados superiores obtuvieron **Arias et al. (2018)** al evaluar clones de *Cenchrus* tolerantes a la sequía durante el período poco lluvioso en el Valle del Cauto y también similares a los reportados por **Ledea Rodríguez et al. (2017,**

2018a) y **Álvarez et al. (2019, 2020)** al estudiar la longitud de las hojas a los 60 y 75 días de rebrote en variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad y OM-22, en la región Oriental de Cuba, respectivamente lo que denota la respuesta morfológica de este género a la incidencia de las radiaciones solares que caracterizan al cinturón tropical pero, que se acentúan en el trópico principalmente.

En ambos periodos estaciones hubo interacción significativa variedades x edad de rebrote para la altura de las plantas y los mayores valores se registraron en el período lluvioso. En este sentido, **Herrera et al. (2019)** en variedades

Tabla 3. Comportamiento de indicadores morfológicos en el período poco lluvioso

Variedades	Edad, días				SE'±	p
	45	60	75	90		
Longitud de la hoja , cm						
CT-500	93.25 ^c	98.52 ^c	107.30 ^a	96.08 ^{cd}	3.35	0.01
CT-502	93.22 ^c	98.48 ^c	107.28 ^a	96.07 ^{cd}		
CT-504	104.25 ^b	106.50 ^{ab}	107.25 ^a	97.63 ^{cd}		
CT-508	92.25 ^c	98.00 ^c	106.50 ^{ab}	92.48 ^c		
CT-115	86.00 ^f	102.75 ^b	103.63 ^b	94.85 ^{de}		
Ancho de la hoja, cm						
CT-500	2.42 ^f	3.17 ^{cd}	3.60 ^a	3.13 ^d	0.11	0.01
CT-502	2.38 ^{fg}	3.13 ^d	3.59 ^a	3.11 ^d		
CT-504	2.33 ^{fg}	3.28 ^c	3.48 ^b	3.55 ^{ab}		
CT-508	2.25 ^g	2.90 ^e	3.58 ^{ab}	2.73 ^f		
CT-115	2.41 ^f	3.23 ^c	3.53 ^{ab}	3.11 ^d		
Longitud de entrenudos , cm						
CT-500	9.27 ^h	9.55 ^{ab}	10.10 ^{ef}	14.53 ^b	0.35	0.01
CT-502	9.23 ^h	9.53 ^{ab}	10.09 ^{ef}	14.51 ^b		
CT-504	10.43 ^c	10.98 ^d	11.15 ^d	15.48 ^a		
CT-508	9.63 ^g	9.40 ^{ab}	9.50 ^{ab}	13.08 ^c		
CT-115	8.15 ⁱ	10.06 ^f	10.36 ^{ef}	15.40 ^a		
Diámetro de los entrenudos, cm						
CT-500	1.73 ^{cd}	1.88 ^a	1.60 ^{ef}	1.20 ^j	0.09	0.01
CT-502	1.71 ^{cd}	1.87 ^a	1.59 ^{ef}	1.19 ^j		
CT-504	1.58 ^{ef}	1.65 ^{de}	1.60 ^{ef}	1.33 ^h		
CT-508	1.50 ^g	1.78 ^{bc}	1.55 ^{fg}	1.31 ^h		
CT-115	1.56 ^{ef}	1.84 ^{ab}	1.53 ^{fg}	1.29 ^h		
Altura planta, cm						
CT-500	84.25 ^k	102.75 ⁱ	136.40 ^f	157.25 ^c	4.78	0.001
CT-502	84.24 ^k	102.73 ^j	136.48 ^f	157.24 ^c		
CT-504	104.00 ^j	127.50 ^g	150.25 ^d	169.75 ^a		
CT-508	101.25 ^j	113.25 ⁱ	136.13 ^f	159.50 ^{bc}		
CT-115	85.63 ^k	121.63 ^h	141.50 ^e	162.25 ^b		
Área foliar, cm ²						
CT-500	223.70 ^j	310.50 ^c	380.60 ^a	300.29 ^f	9.67	0.001
CT-502	223.68 ^j	310.49 ^c	380.58 ^a	300.28 ^f		
CT-504	241.33 ⁱ	348.00 ^e	372.43 ^{ab}	346.50 ^e		
CT-508	207.95 ^k	283.75 ^g	380.63 ^a	252.02 ^b		
CT-115	207.31 ^k	330.61 ^d	364.89 ^b	296.78 ^f		

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k} Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 *Keuls* (1952)

^lEE, error estándar de la interacción variedad x días

de *Cenchrus* para la producción de biomasa encontraron diferencias en la altura de las plantas en ambas estaciones climáticas y disminución de este indicador a partir del segundo año de evaluación, lo que se atribuyó a las características específicas de cada planta y su respuesta a las condiciones de clima, suelo y manejo ya que el estudio se realizó sin la aplicación de riego ni fertilizante. Villanueva Ávalos et al. (2022), al evaluar 16 variedades en

condiciones del trópico seco encontraron las mayores alturas a los 180 días para CT-169. Ray et al. (2018) en clones tolerantes a la sequía en condiciones de pre-montaña al evaluar las curvas de crecimiento encontraron que todas las variedades mostraron crecimiento sigmoideo típico de las gramíneas, lo que indicó que para las variedades de *Cenchrus purpureus* las condiciones de pre-montaña son favorables para su crecimiento y desarrollo.

Tabla 4. Comportamiento de la tasa de crecimiento absoluto y relativo

Variedades	Edad de rebote, días							
	TCA, cm.days ⁻¹				TCR, cm.cm ⁻¹ .days ⁻¹			
	45	60	75	90	45	60	75	90
Período lluvioso								
CT-500	1.96 ^c	2.91 ^b	1.24 ^j	2.19 ^d	0.0110 ^e	0.0157 ^b	0.0066	0.0113 ^c
CT-502	1.97 ^c	2.69 ^c	1.53 ^{hi}	1.88	0.0111 ^c	0.0155 ^b	0.0061 ^b	0.0109 ^c
CT-504	1.97 ^c	3.17 ^a	1.65 ^{sh}	1.47 ⁱ	0.0107 ^{ef}	0.0173 ^a	0.0090 ^e	0.0080 ^e
CT-508	2.59 ^c	1.65 ^s	1.99 ^c	1.12 ^j	0.0138 ^c	0.0088 ^e	0.0105 ^{ef}	0.0059 ^b
CT-115	1.80 ^f	3.12 ^a	1.19 ^j	2.29 ^d	0.0100 ^f	0.0173 ^a	0.0065 ^b	0.0127 ^d
SE ^{1±}		0.101				0.0006		
P		0.012				0.01		
Período poco lluvioso								
CT-500	2.26 ^{ab}	1.02 ^s	1.11 ^s	1.30 ^{ef}	0.0123 ^d	0.0132 ^{bc}	0.0073 ^b	0.0084 ^e
CT-502	2.22 ^{ab}	1.06 ^s	1.17 ^s	1.32 ^{ef}	0.0122 ^d	0.0133 ^b	0.0072 ^b	0.0082 ^e
CT-504	2.14 ^b	1.05 ^s	1.19 ^s	1.19 ^s	0.0127 ^{ed}	0.0091 ^f	0.0101 ^c	0.0093 ^f
CT-508	2.32 ^a	1.46 ^c	1.68 ^d	1.29 ^{fg}	0.0134 ^{ab}	0.0087 ^e	0.0096 ^{ef}	0.0078 ^b
CT-115	1.84 ^c	1.40 ^c	1.15 ^s	1.09	0.0122 ^d	0.0074 ^b	0.0140 ^a	0.0084 ^e
SE ^{1±}		0.23				0.0004		
P		0.01				0.01		

^{a,b,c,d,e,f,g,h} Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 *Keuls* (1952)

¹EE, error estándar de la interacción variedad x días

Tabla 5. Comportamiento de indicadores del rendimiento en el periodo lluvioso

Variedades	Edad, días				SE ^{1±}	p
	45	60	75	90		
Hoja, %						
CT-500	57.98 ^a	47.03 ^e	35.90 ^e	29.53 ^e	1.30	0.01
CT-502	57.96 ^a	46.99 ^e	35.88 ^e	29.51 ^e		
CT-504	57.85 ^a	47.00 ^e	34.53 ^f	28.10 ^b		
CT-508	53.12 ^b	44.98 ^d	34.43 ^f	29.35 ^{ab}		
CT-115	57.00 ^a	45.54 ^d	34.79 ^{ef}	29.23 ^{ab}		
Tallo, %						
CT-500	42.02 ^b	52.97 ^f	64.10 ^d	70.47 ^b	1.43	0.01
CT-502	42.04 ^b	53.01 ^f	64.12 ^d	70.49 ^b		
CT-504	42.15 ^b	53.00 ^f	65.47 ^c	71.90 ^a		
CT-508	46.88 ^e	55.02 ^e	65.57 ^c	70.65 ^{ab}		
CT-115	43.00 ^b	54.46 ^e	65.21 ^{cd}	70.77 ^{ab}		
Rendimiento en materia seca, t.ha ⁻¹						
CT-500	6.11 ⁿ	8.78 ⁱ	11.68 ^f	14.22 ^b	0.660	0.001
CT-502	6.11 ⁿ	8.77 ⁱ	11.67 ^f	14.21 ^b		
CT-504	6.22 ^m	9.18 ^h	12.07 ^e	14.79 ^a		
CT-508	4.84 ^p	7.52 ^j	11.31 ^g	13.71 ^c		
CT-115	5.61 ^o	8.21 ^k	11.22 ^h	13.50 ^d		

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n} Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 *Keuls* (1952)

¹EE, error estándar de la interacción variedad x días

Tabla 6. Comportamiento de indicadores del rendimiento en el periodo poco lluvioso

Variedades	Edad, días				SE'±	p
	45	60	75	90		
	Hoja, %					
CT-500	31.48 ^{ab}	28.02 ^c	24.80 ^f	22.33 ^s	1.19	0.01
CT-502	31.46 ^{ab}	28.01 ^c	24.79 ^f	22.31 ^s		
CT-504	30.30 ^b	26.58 ^d	26.13 ^d	22.13 ^s		
CT-508	31.67 ^a	26.87 ^d	25.50 ^e	22.43 ^s		
CT-115	32.41 ^{ab}	26.91 ^d	25.23 ^e	22.59 ^s		
	Tallos, %					
CT-500	68.52 ^{ef}	71.98 ^d	75.20 ^b	77.67 ^a	1.24	0.01
CT-502	68.54 ^{ef}	71.99 ^d	75.21 ^b	77.69 ^a		
CT-504	69.70 ^c	73.42 ^c	73.87 ^c	77.87 ^a		
CT-508	68.33 ^{fe}	73.13 ^c	74.50 ^b	77.57 ^a		
CT-115	67.59 ^e	73.09 ^c	74.77 ^b	77.41 ^a		
	Rendimiento en material seca , t.ha ⁻¹					
CT-500	1.603 ^j	3.02 ^b	4.06 ^d	4.75 ^b	0.14	0.001
CT-502	1.602 ^j	3.016 ^b	4.062 ^d	4.74 ^b		
CT-504	1.79 ^k	3.23 ^s	4.31 ^c	4.99 ^a		
CT-508	1.35 ^m	2.72 ^j	3.83 ^c	4.59 ^c		
CT-115	1.26 ⁿ	2.93 ⁱ	3.69 ^c	4.73 ^b		

^{a,b,c,d,e,f,g} Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 **Keuls (1952)**

^{'EE}, error estándar de la interacción variedad x días

Los valores de la altura de las plantas en el presente trabajo son inferiores a los reportados por **Reyes Pérez et al. (2021)** para Maralfalfa (215 cm) con el empleo de fertilización en condiciones de la María, Ecuador y **Cruz Tejada 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 en sistemas frágiles de la provincia Granma. Estos últimos autores notificaron 2.1 m de altura en el corte de establecimiento (180 días), mientras que **Ledea Rodríguez et al. (2017)** notificaron 0.80 m, lo que demuestra el marcado efecto de las condiciones ambientales en el comportamiento de las plantas.

Herrera et al. (2018) y **Herrera (2020)** 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 el crecimiento 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 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.

La variabilidad en la longitud y diámetro de los entrenudos en ambas estaciones del año (tablas 2 y 3) fue similar a los reportados para variedades de *Cenchrus* por **Arias et al. (2018, 2019)**. Sin embargo, **Álvarez et al. (2020)** en *Cenchrus purpureus* vc. OM 22 notificaron aumento de estos indicadores con la edad de rebrote tanto en el período lluvioso como en el poco lluvioso. Es importante señalar que en la presente investigación los indicadores del crecimiento del tallo (longitud y grosor de entrenudos) estuvieron influenciados por la interacción edad x variedad en ambos períodos estacionales lo que indican que las variedades como efecto principal solo modificaron el número de nudos, estas variaciones en la morfología de los tallos están estimuladas e indican los posibles procesos adaptativos a las condiciones edafoclimáticas de ecosistemas adversos (salinidad del suelo), estructuras les permiten a las plantas mayor número de hojas, y de esta forma brindar mayores elementos nutritivos a los animales que la consuman.

La longitud del entrenudo fue superior a lo reportado por **Ray et al. (2018)** y **Viana et al. (2018)** en variedades tolerantes a la sequía en el oriente de Cuba y en cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* en una zona seca del estado de Pernambuco, Brasil, respectivamente. Por otra parte, **Ledea Rodríguez et al. (2018a)**, encontraron efecto de la interacción estación climática con edad de rebrote, lo cual

Tabla 7. Calidad nutritiva de clones de *Cenchrus purpureus* en el periodo lluvioso

Variedades	Edad, días				SE ¹ ±	p
	45	60	75	90		
			PB, %			
CT-500	11.50 ^{ab}	9.10 ^d	7.26 ^e	5.53 ^f	0.35	0.001
CT-502	11.44 ^b	9.49 ^c	7.27 ^e	5.34 ^g		
CT-504	11.29 ^b	9.00 ^d	7.32 ^e	5.41 ^f		
CT-508	11.26 ^b	9.23 ^{cd}	7.22 ^e	5.38 ^f		
CT-115	11.90 ^a	9.52 ^c	7.20 ^e	5.26 ^g		
			FND, %			
CT-500	65.30 ^b	66.46 ^e	68.07 ^e	70.50 ^{ab}	0.71	0.01
CT-502	64.89 ^{bi}	66.63 ^e	68.71 ^d	70.78 ^a		
CT-504	64.98 ^b	66.17 ^e	69.61 ^c	70.93 ^a		
CT-508	64.81 ⁱ	66.67 ^e	69.29 ^{cd}	69.99 ^{bc}		
CT-115	64.76 ⁱ	67.33 ^f	68.63 ^c	69.43 ^c		
			FAD, %			
CT-500	33.37 ^b	36.72 ^c	37.99 ^c	38.98 ^a	0.435	0.01
CT-502	34.06 ^{bc}	36.47 ^c	37.10 ^d	38.13 ^{bc}		
CT-504	34.33 ^f	37.04 ^d	37.88 ^c	39.20 ^a		
CT-508	34.41 ^f	37.31 ^d	37.32 ^d	38.39 ^b		
CT-115	33.82 ^e	36.57 ^{cd}	37.23 ^d	38.13 ^{bc}		
			LAD, %			
CT-500	3.12 ^{kl}	3.32 ^j	4.14 ^g	4.89 ^a	0.08	0.01
CT-502	3.26 ^k	3.84 ^h	4.43 ^d	4.60 ^c		
CT-504	3.08 ^l	3.63 ⁱ	4.34 ^e	4.81 ^a		
CT-508	3.15 ^k	3.65 ⁱ	4.24 ^f	4.73 ^b		
CT-115	3.39 ^j	3.91 ^h	4.17 ^g	4.52 ^c		
			DMS, %			
CT-500	66.63 ^b	62.13 ^c	56.87 ^{ef}	52.60 ^g	1.37	0.01
CT-502	67.37 ^a	61.70 ^c	57.03 ^c	52.77 ^g		
CT-504	67.37 ^a	62.03 ^c	58.43 ^d	50.78 ^h		
CT-508	66.80 ^b	62.00 ^c	57.30 ^{de}	51.90 ^{gh}		
CT-115	66.97 ^b	61.49 ^c	56.56 ^f	51.30 ^h		
			ICB, g.kg ⁻¹ LW			
CT-500	109.67 ^c	114.00 ^a	111.50 ^b	104.71 ^{ef}	2.33	0.01
CT-502	109.45 ^c	114.43 ^a	111.59 ^b	105.48 ^c		
CT-504	109.05 ^c	114.20 ^a	110.85 ^{bc}	105.14 ^d		
CT-508	108.92 ^d	113.50 ^{ab}	111.47 ^b	103.13 ^f		
CT-115	108.75 ^d	114.95 ^a	111.31 ^b	106.57 ^c		

^{a,h,c,d,e,f,g,h,i} Valores con letras no comunes difieren a P<0.01, Keuls (1952)

¹EE, error estándar de la interacción variedad x días

influyó en algunas variables agronómicas, entre ellas el grosor del tallo probablemente debido a que la planta con el incremento de la edad en período lluvioso, posee avanzado estado de lignificación y comienzan a enviar los compuestos de reservas para las raíces y otros órganos, para poder ser utilizados en el proceso de brotación de hijos basales, en ramificaciones y prepararse para el rebrote después de ser cortado.

Los mayores valores del CT-115 en TCA y TCR (tabla 4) con respecto a las demás variedades en estudio ha sido descrita por Ledea Rodríguez *et al.* (2017) al realizar estudios de interacción variedad-edad de rebrote en los clones CT-115 y CT-500. El mayor valor de TCA se manifestó para el CT-115 a los 120 días de rebrote, aunque a los 90 días no se presentaron diferencias en ambas variedades. Este comportamiento demuestra que CT-500 y

Tabla 8. Calidad nutritiva de clones de *Cenchrus purpureus* en el periodo poco lluvioso

Variedades	Edad, días				SE'±	p
	45	60	75	90		
	PB, %					
CT-500	11.90 ^a	9.40 ^c	6.40 ^g	6.25 ^{gh}	0.215	0.01
CT-502	11.88 ^a	9.25 ^c	6.85 ^f	6.15 ^h		
CT-504	11.80 ^a	9.39 ^c	6.32 ^g	6.40 ^g		
CT-508	11.55 ^b	9.77 ^d	6.83 ^f	6.00 ^h		
CT-115	11.22 ^c	9.27 ^c	6.29 ^g	6.55 ^g		
	FND, %					
CT-500	65.96 ^b	67.14 ^g	69.95 ^d	72.57 ^b	1.32	0.01
CT-502	65.54 ^{hi}	67.78 ^{fg}	69.12 ^d	71.98 ^{bc}		
CT-504	66.52 ^{gh}	67.42 ^{fg}	69.70 ^d	73.13 ^{ab}		
CT-508	64.87 ⁱ	67.12 ^g	69.93 ^d	73.55 ^a		
CT-115	65.71 ^h	67.85 ^{fg}	68.68 ^{ef}	70.83 ^c		
	FAD, %					
CT-500	35.75 ^f	37.65 ^d	39.67 ^{ab}	39.66 ^{ab}	0.86	0.03
CT-502	36.65 ^e	37.60 ^d	39.34 ^{ab}	39.95 ^a		
CT-504	37.10 ^d	37.87 ^{cd}	39.43 ^{ab}	39.36 ^{ab}		
CT-508	36.91 ^{de}	38.18 ^c	39.26 ^{ab}	39.98 ^a		
CT-115	36.98 ^d	37.86 ^{cd}	39.04 ^b	38.80 ^{ab}		
	LAD, %					
CT-500	3.60 ⁱ	3.85 ^h	4.24 ^d	4.61 ^e	0.09	0.01
CT-502	3.28 ^k	4.05 ^f	4.23 ^d	4.80 ^{ab}		
CT-504	3.51 ^j	3.89 ^{gh}	4.18 ^e	4.76 ^{bc}		
CT-508	3.47 ^j	3.93 ^g	4.21 ^{de}	4.85 ^a		
CT-115	3.54 ^{ji}	3.96 ^g	4.09 ^f	4.24 ^d		
	DMS, %					
CT-500	64.90 ^{ab}	60.95 ^d	55.95 ^{ef}	51.66 ^{gh}	1.22	0.01
CT-502	65.90 ^a	62.04 ^c	56.15 ^e	50.37 ^h		
CT-504	64.60 ^b	60.68 ^d	56.85 ^e	51.09 ^{gh}		
CT-508	64.90 ^{ab}	60.85 ^d	55.55 ^f	50.66 ^h		
CT-115	65.60 ^{ab}	60.72 ^d	56.70 ^e	52.00 ^g		
	ICB, g/kg LW					
CT-500	110.85 ^d	116.05 ^a	112.85 ^{bc}	107.90 ^e	3.31	0.01
CT-502	111.70 ^d	115.45 ^{ab}	113.35 ^{bc}	107.05 ^e		
CT-504	112.30 ^c	116.25 ^a	112.70 ^{bc}	105.30 ^f		
CT-508	112.40 ^c	115.75 ^a	113.30 ^{bc}	106.60 ^{ef}		
CT-115	112.10 ^c	116.70 ^a	113.15 ^{bc}	111.00 ^d		

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i} Valores con letras no comunes difieren a P<0.01 Keuls (1952)

¹EE, error estándar de la interacción variedad x días

CT-115 crecen a tasas absolutas diferentes y acumulan MS a diferentes ritmos, lo que indica que son las características intrínsecas de cada variedad las que diferenciaron las respuestas fenotípicas observadas en el periodo lluvioso.

Al evaluar clones tolerantes a la sequía Ray et al. (2018), encontraron para la TCA un comportamiento sigmoideal que se acelera a partir de los 35 d, con una meseta de valores de 2 cm.día⁻¹ hasta los 77 d de edad, y un decline importante

hasta los 119 d de plantadas, excepto para CT-605 que no tuvo este comportamiento. Lo anterior se manifiesta de forma similar para tres clones (CT-601, CT-603 y CT-115). Mientras que para TCR, mostraron mayor eficiencia de crecimiento entre los 35 y 49 días, con valores de 0.035 a 0.040 cm.cm⁻¹.d⁻¹. Entre 49 y 77 d manifestaron niveles moderados de crecimiento relativo (0.018-0.025 cm.cm⁻¹.d⁻¹) que disminuyeron a partir de esta edad (menos de

0.01 cm.cm⁻¹.d⁻¹), como tendencia similar a la que siguió la tasa de crecimiento absoluta. Esto se debe a que, bajo diferentes estímulos, ambientales en este caso, se activan ciertos genes que estimulan una actividad determinada, que en concomitancia con los factores reguladores y enzimáticos se puede manifestar de forma expedita o no, efecto que pudo haber estado presente en el comportamiento analizado.

En este trabajo se apreció disminución de la cantidad de hojas, aumento de los tallos en todas las variedades al envejecer el material e incrementarse el rendimiento y tejido de sostén (tablas 5 y 6), atribuible al aumento de la senescencia cuando se incrementa la edad de la planta. Esto se refleja de forma más acentuada en el período de mayor crecimiento del pasto (período de lluvias). 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.* 2018a). En este sentido Retureta González *et al.* (2019) y Villanueva Ávalos *et al.* (2022), reportaron que la especie *C. purpureus* tiene alta variabilidad y sus genotipos presentan características morfológicas y productivas distintivas.

Diversos estudios se han realizado con diferentes ecotipos y clones de *Cenchrus purpureus* en diversas regiones de México: Rueda *et al.* (2016), con Taiwán, CT-115, OM-22 y Roxo; Vázquez y González (2017) y Calzada *et al.* (2018) con Taiwán y López *et al.* (2020), con Maralfalfa y se concluyó que el rendimiento está influenciado por el ecotipo, ambiente y manejo agronómico (Arias *et al.* 2018). Sin embargo, los rendimientos de forraje en *Cenchrus purpureus* también pueden incrementarse mediante fertilización nitrogenada (Reyes Pérez *et al.* 2021).

El incremento de producción de biomasa con la edad en todas las variedades fueron superiores a los encontrados por Caballero *et al.* (2016), Martínez y González (2017) y Ojeda *et al.* (2019) en el occidente de Cuba y a lo reportado por Uvidia *et al.* (2013) en Maralfalfa y Álvarez *et al.* (2020) en OM-22 en condiciones de la Amazonia Ecuatoriana y Venezuela, respectivamente. Esto corrobora que el comportamiento de las lluvias, el suelo, el momento de la siembra y otros factores climáticos influyen en el comportamiento de una u otra variedad. Aunque las precipitaciones y temperaturas en este período no fueron limitantes, el contenido de sales en el suelo del área experimental puede afectar el aprovechamiento de la humedad debido a una disminución del componente osmótico.

Valores elevados en producción de MS, se asocian con la TAC. Sin embargo, se debe considerar que un incremento de la TCA sostenido no siempre debe interpretarse como positivo, ya que unas de las particularidades de las gramíneas tropicales es la acumulación de biomasa y acelerada maduración de tejidos; lo anterior, debido a la amplia capacidad de asimilación de radiación que poseen, lo que trae consigo una afectación química por modificaciones de la pared celular con la consecuente pérdida de valor nutritivo (Ledea Rodríguez *et al.* 2018a).

Por su parte, Arias *et al.* (2019) plantearon que el exceso de iones tales como el Na⁺ crea desequilibrios nutricionales que dificultan la absorción de determinados iones como el K⁺, Ca²⁺ y NO₃ que participan en el crecimiento activo de las plantas y por ende en la acumulación de biomasa. La aceptable productividad de estas variedades en este ecosistema afectado por sales es un indicativo para tomar decisiones sobre la variedad a sembrar, además, de otros factores considerados importantes como la relación hoja/tallo, establecimiento, persistencia y distribución de la producción anual (Martínez y González 2017).

La variabilidad entre cultivares de *Cenchrus* es alta (Arias *et al.* 2018 y Duarte *et al.* 2018). Por esto, es importante seleccionar variedades con mayor proporción de hojas para la alimentación animal. Un mayor rendimiento de tallos puede ser importante para otros objetivos como la producción de biocombustibles o biomasa gasificada con lo que se abre notablemente el espectro de utilización de variedades de *Cenchrus purpureus* para la agroindustria.

Para la calidad nutritiva durante ambos períodos estacionales (tablas 7 y 8) existió interacción variedad x edad de rebrote para todos los indicadores. Ledea Rodríguez *et al.* (2018a) al determinar la composición química de clones tolerantes a la sequía de *C. purpureus* notificaron en hojas y tallos disminución de la proteína, aumento de los componentes de la pared celular (FDN, FDA y LAD), comportamiento más marcado durante el período de lluvias. Retureta González *et al.* (2019), no encontraron interacción edad y el riego en el contenido de PB y los componentes de la pared celular de hojas de CT-115. Comportamiento que se debe, probablemente, a que cuando se compara el valor nutritivo de forrajes, la variabilidad puede ser pequeña entre cultivares y variedades de un mismo género, aunque su calidad dependerá de las características intrínsecas de cada una de ellas pero, estos indicadores se afectan por la variación de las precipitaciones y temperaturas, de ahí que el empleo de 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.

Por otra parte, Ledea Rodríguez *et al.* (2021), al evaluar en variedades tolerantes a la sequía de *C. purpureus* el

efecto de la interacción edad rebrote-variedad encontraron diferencias con aumentos de los carbohidratos estructurales y lignina hasta los 100 días para luego disminuir hasta los 120, este comportamiento fue más marcado al estudiar la planta integral que en las hojas, lo que indican que las diferencias en el contenido de los componentes estructurales en las hojas y planta integra de *C. purpureus* en los diferentes días de rebrote está relacionado con las características fenológicas de cada variedad como la biomasa foliar, largo de la hoja, materia seca y edad de la planta, las cuales, influyen en el contenido de los componentes de la pared celular (Rahman et al. 2019). Además, diversos factores abióticos como el agua, temperatura e intensidad luminosa pueden influir en el grosor de la pared celular de las plantas, modificando sus componentes estructurales (Ledea Rodríguez et al. 2018a y Arias et al. 2019). Los cambios en la expresión génica de las plantas ante un estrés abiótico (por calor, frío o agua) también desempeñan un papel importante en la modificación de los componentes de la pared celular.

Por otro lado, si existe una deposición de celulosa en las paredes celulares de las plantas como un mecanismo secundario de defensa, pudiera general mayor tolerancia y/o resistencia al estrés externo (Chupin et al. 2020). El contenido de xilano aumenta el endurecimiento de la pared celular como respuesta a factores estresantes abióticos (Yan et al. 2021). El contenido de nutrientes en el suelo y la fertilización orgánica y sintética también son factores que intervienen en la concentración de FDA y FDN en hojas (Neves et al. 2018), principalmente los nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio (Ramos Ulate et al. 2021) incrementan la disponibilidad de aminoácidos en la célula, lo cual, promueve un mayor desarrollo de paredes celulares delgadas con incremento del lumen celular (Restrepo Correa et al. 2017).

La disminución con la edad de rebrote y valores superiores a 50 % de digestibilidad coinciden con los reportes de Ledea Rodríguez et al. (2018c), Reyes Pérez et al. (2019) y Ledea Rodríguez et al. (2021) quienes plantean que el incremento de la edad de la planta, en conjunto con las transformaciones morfológicas, estructurales y químicas reducen el valor nutritivo de la planta y de sus fracciones, además las diferencias de degradabilidad intra y entre especies pudieran estar asociadas con las características de cada especie y género. Además, debe tenerse presente la relación existente entre los indicadores químicos y la degradabilidad ruminal no como una suma de factores sino como la influencia conjunta que tienen los componentes químicos como sistema en la degradabilidad, en congruencia Ledea Rodríguez et al. (2018d), señalaron que además de los contenidos de fibra en sus diferentes presentaciones, se debe considerar las relaciones y modificaciones moleculares de cada

compuestos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa principalmente), añadiendo estos autores que es la causa más probable de las limitaciones en la degradabilidad ruminal y no el contenido fibroso y/o compuestos estructurales, criterio que debe ser profundizado en futuras investigaciones.

El consumo de materia seca fue alto hasta los 60 días para luego disminuir, estos consumos estuvieron en entre 2.5 y 2.8 % del peso vivo. Resultados similares a los nuestros fueron encontrados por Pratti Daniel et al. (2019) al evaluar la disponibilidad de materia seca, composición química y consumo del pasto elefante. Este indicador estuvo relacionado con la variación de la composición química a diferentes edades de corte. En relación con las digestibilidades, se pueden considerar que se encuentran dentro del rango de valores informados por la literatura al considerar que se obtuvieron en condiciones de baja precipitación. La baja disponibilidad de humedad del suelo, ligada al contenido de sales pudo tener un efecto negativo en la nutrición mineral de las plantas y por ende un impacto en la composición química de las variedades por alteración de los procesos biológicos normales (Álvarez 2021).

Conclusiones

El efecto de la interacción variedad x edad de rebrote en variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad en los indicadores morfológicos, rendimiento y calidad nutritiva quedó demostrado en el presente estudio. Donde se obtuvieron los mejores indicadores morfológicos, rendimiento, tasa de crecimiento y componentes de la pared celular fueron para CT-504 y CT-508. Mientras que, el progenitor CT-115 fue superior en área foliar, digestibilidad e índice de consumo; aunque sus resultados fueron semejantes a los de CT-500 y CT-502 los cuales no presentaron diferencias entre sí en todas las variables evaluadas. En general, las nuevas variedades mostraron que se adaptan a las condiciones de baja a mediana salinidad del suelo y pueden ser una opción para la alimentación del vacuno en este tipo de suelo en la región oriental del país.

Referencias

- Álvarez, Y. 2021. Comportamiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en el Valle del Cauto, Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad de Granma. 100 pp.
- Álvarez, Y., Herrera, R.S., Méndez-Martínez, Y., Ramírez, J.R. & Verdecia, D.M. 2019. Evaluation of *Cenchrus purpureus* varieties with salinity tolerance in Valle del Cauto, Cuba. *Agronomic performance*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2): 177-187, ISSN: 2079-3480,

- <http://cjas.science.com/index.php/CJAS/article/view/881/891>.
- Álvarez, Y., Ramírez de la Ribera, J.L., Verdecia Acosta, D.M., Arceo Benítez, Y., Rodríguez Bertot, R. & Herrera García, R. S. 2020. Comportamiento agronómico del *Cenchrus purpureus* vc. Cuba OM-22 en los llanos venezolanos. *Revista de Producción Animal*, 32(2): 74-85, ISSN: 2224-7920, <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3480>.
- AOAC, G.W. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available at: <http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>. [Consulted: September 22, 2016].
- Arias, R.C., Ledea, J.L., Benítez, D.G., Ray, J.V. & de la Ribera, J.R. 2018. Performance of new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to drought, during dry period. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(2): 203-214, ISSN: 2079-3480. <https://www.redalyc.org/journal/1930/193060591010/193060591010.pdf>.
- Arias, R.C., Reyes, J.J., Ledea, J.L., Benítez, D.G., Ray, J.V. & Hernández, L.G. 2019. Respuesta agroproductiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus*. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 22: 79-86, ISSN : 1870-0462. <https://doi.org/10.56369/tsaes.2778>.
- 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. <http://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>.
- Caballero, A., Martínez Zubiaur, R.O., Hernández Chavez, M.B. & Navarro Boulandier, M. 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumacher) Morrone. *Pastos y Forrajes*, 39(2): 94-101, ISSN: 0864-0394. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v39n2/pyf03216.pdf>.
- 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. <https://hal.science/hal-01190063/document>.
- Calzada, J.M., Ortega, J.E., Enriquez, J.F., Hernandez, G.A., Vaquera, H.H. & Escalante, J. A. 2018. Análisis de crecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum.) en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad*, 11(5):69-75, ISSN: 2594-0252, <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/375>.
- Chupin, L., Soccalingame, L., de Ridder, D., Gineau, E., Mouille, G., Arnoult, S., Brancourt Hulmel, M., Lapierre, C., Vincent, L., Mija, A., Corn, S., Le Moigne, N. & Navard, P. 2020. Thermal and dynamic mechanical characterization of miscanthus stem fragments: Effects of genotypes, positions along the stem and their relation with biochemical and structural characteristics. *Industrial Crops and Products*, 156(January): 112863, ISSN : 1872-633X. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112863>.
- Cruz Tejada, J.M., Ray, J.V., Ledea, J.L. & Arias, R.C. 2017. Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del Valle del Cauto, Granma. *Revista de Producción Animal*, 3(29): 29-35, ISSN: 2224-7920. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n3/rpa05317.pdf>.
- De Armas, V.R., Ortega, D.E & Ródes, G.R. 1988. Fisiología Vegetal. La Habana, Cuba: Ed. Pueblo y Educación. ISBN: 978-959-13-0018-8.
- Duarte, T., Duarte, M.J., Neves, M., Fernandes, R. C., Socorro, M., Nogueira, R. & Gleyson, F. 2018. Biomass component of *Pennisetum purpureum* cv. Roxo managed at different growth ages and seasons. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19(1): 11-22, ISSN: 1519-9940. <https://doi.org/10.1590/s1519-99402018000100002>. <https://www.scielo.br/pdf/rbspa/v19n1/1519-9940-rbspa-19-01-0011.pdf>.
- FAO. 2018. World reference base for soil resources. FAO. Rome. ISSS-AISS-IBG. ISRIC. Available at: <http://www.faodatabase.org>. [Consulted: September 22, 2022].
- Ferraris, F. & Wood, J.T. 1980. Estimation of leaf area and plant leaf area in vegetative *Pennisetum purpureum*. *Journal Tropical Agriculture*. 57(1): 69-73, ISSN: 0041-3216. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19800794580>.
- Goering, H.K. & Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses: Apparatus, reagent, procedures and some applications. In: Agriculture Handbook No. 379. Ed. U.S.D.A. Agricultural Research Service, Department of Agriculture, United States of America, p. 20. <https://handbook.nal.usda.gov/10113/CAT87209099>.
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L. & Camacho, I. 2015. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba: Instituto de suelos. La Habana, Cuba: AGROINFOR, 64 p., ISBN: 959-246-022-1.
- Herrera, R.S. 2005. Evaluación de gramíneas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(3): 53-259, ISSN: 2079-3480. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017771001.pdf>.
- Herrera, R.S. 2007. Toma y procesamiento de las muestras de pastos. Su influencia en los indicadores morfológicos y composición química. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(2): 209-216, ISSN: 2079-3480. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017693001.pdf>.
- Herrera, R.S. 2020. Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 24 (2): 23-38, ISSN: 2638-1716.

- Herrera, R.S., Chaplé, Z., Cruz, A.M., Romero, A. & García, M. 2003. Obtención de plántulas de *Pennisetum purpureum*, resistentes a la sequía y a la salinidad. Nota técnica 1. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 37(2): 189–191, ISSN: 2079-3480. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018061015.pdf>.
- Herrera, R. S., Fortes, D., García, M., Cruz, A. M., & Romero, A. 2018. Determinación del índice de área foliar de *Cenchrus purpureus* vc. CUBA CT-II5 mediante medidas en la cuarta hoja completamente abierta. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 22(3):17-23, ISSN: 2638-1716. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83758178007>.
- Herrera, R., García, M. & Cruz, A.M. 2019. Study of morphoagronomic indicators of *Cenchrus purpureus* clones for biomass production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2): 189-196, ISSN: 2079-3480. <http://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/886/893>.
- Herrera, R.S. & Martínez, R.O. 2015. Mejoramiento genético. En Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. Cap. II. p: 13-32. Ed. R.S. Herrera. ISBN: 978-959-7171-67-6.
- Herrera, R.S., Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., García, M. & Cruz, A.M. 2017. Relation between some climatic factors and the chemical composition of *Tithonia diversifolia*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2): 1-9, ISSN: 2079-3480. <http://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/719>.
- INRH. 2018. Análisis de la sequía en Cuba. Available at: <http://www.medioambiente.cu/>. [Consulted: September 22, 2022].
- Keuls, M. 1952. The use of the ‘studentized range’ in connection with an analysis of variance. *Euphytica*. 1(2): 112-122, ISSN: 1573-5060, <https://doi.org/10.1007/BF01908269>, <https://user.math.uni-bremen.de/dickhaus/downloads/MultipleTests-SoSe-2010/keuls1952.pdf>.
- Ledeá Rodríguez, J.L., Benítez, D.G., Pérez, A., Crucito, R. & Guerra Manso, A. 2017. Comportamiento agronómico de cultivares de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad. *Revista de Producción Animal*, 29(3): 18-28, ISSN: 2224–7920. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n3/rpa04317.pdf>.
- Ledeá Rodríguez, J.L., La O, O., Ray, J.V. & Vázquez, C. 2018b. *In situ* ruminal degradability of drought-tolerant *C. purpureus* varieties. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(1): 25-34, ISSN: 2079-3480. <http://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/782/792>.
- Ledeá Rodríguez, J.L., La O León, O., Verdecia Acosta, D., Benítez Jiménez, D.G. & Hernández Montiel, L.G. 2021. Composición química-nutricional de rebrotes de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone durante la estación lluviosa. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(54): 1-13, ISSN: 1870-0462. <https://doi.org/10.56369/tsaes.3522>.
- Ledeá Rodríguez, J.L., Ray Ramírez, J.V., Arias Pérez, R.C., Cruz Tejeda, J.M., Rosell Alonso, G. & Reyes Pérez, J.J. 2018a. Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2): 343-362, ISSN: 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29107>.
- Ledeá Rodríguez, J.L., Ray Ramírez, J.V., La O León, O. & Reyes Pérez, J.J. 2018c. Degradabilidad ruminal de la materia orgánica de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a sequía. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2): 375-387, ISSN: 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29546>.
- Ledeá Rodríguez, J.L., Verdecia Acosta, D., Ray Ramírez, J.V., La O León, O., Reyes Pérez, J.J. & Murillo Amado, B. 2018d. Caracterización química de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3): 655-672, ISSN: 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32910>.
- López, O., Vinay, J.C., Villegas, Y., López, I. & Lozano, S. 2020. Growth dynamics and nutrient extraction curves of *Pennisetum* sp. (Maralfalfa). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1): 255-265, ISSN: 2448-6698. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4674>.
- Martínez, R.O. & González, C. 2017. Evaluation of varieties and hybrids of elephant grass *Pennisetum purpureum* and *Pennisetum glaucum* for forage production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(4): 477-486, ISSN: 2079-3480. <http://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/749/771>.
- 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. <https://doi.org/10.2307/2280095>.
- Neves, T.I., Uyeda, C.A., de Souza Silva, C. & Abrahão, R., 2018. Production and Bromatological Characteristics of Elephant Grass—*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone—Planted Under Application of Industrial Biosolid and Chemical Fertilization. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(4): 1-10, ISSN: 0049-6979. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3786-1>.
- Ojeda, L., Rivera, R., González, P.J., Rosa, J.J., Arteaga, O. & Hernández, C. 2019. Efecto del abono verde de *Canavalia ensiformis* (L) micorrizada en el cultivo sucesor *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone Cuba CT-169. *Pastos y Forrajes*, 42 (4): 277-284, ISSN: 2078-8452. http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n4/en_2078-8452-pyf-42-04-277.pdf.
- Ørskov, E.R. & McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation

- measurements weighed according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science*, 92(2): 492-503, ISSN: 1469-5146. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>.
- Ørskov, E.R., De Hovell, F.D. & Mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for evaluation feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5: 195-213, ISSN: 1573-7438. http://cipav.org.co/TAP/TAP/TAP53/53_1.pdf.
- Pratti Daniel, J.L., Bernardes Fernandes, T., Cabreira Jobim, C., Schmidt, P. & Nussio, L.G. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, 74(2): 188-200, ISSN: 1365-2494. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>.
- Rahman, M.M., Syafieqa, N.E., Mohd Diah, N.A.B., Gondo, T., Khalif, R.I.A.B.R. & Akashi, R. 2019. Growth characteristics, biomass yield and mineral concentrations in seven varieties of Napier grass (*Cenchrus purpureus*) at establishment in Kelantan, Malaysia. *Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales*, 7(5): 538-543, ISSN: 2346-3775. [https://doi.org/10.17138/tgft\(7\)538-543](https://doi.org/10.17138/tgft(7)538-543).
- Ramos Ulate, C.M., Pérez Álvarez, S., Guerrero Morales, S. & Palacios Monarrez, A. 2021. Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como alternativas para un cultivo sustentable. *Cultivos Tropicales*, 42(2): e10, ISSN: 1819-4087. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n2/1819-4087-ctr-42-02-e10.pdf>.
- Ray, J. V., Almaguer, R. F., Ledea, J. L., Benítez, D. G., Arias, R. C. & Roselle, G. 2018. Evaluation of varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to drought under pre-mountain conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(1): 75-85, ISSN: 2079-3480. <http://www.cjas.science.com/index.php/CJAS/article/view/781>.
- Restrepo Correa, S.P., Pineda Meneses, E.C. & Ríos-Osorio, L.A. 2017. Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: una revisión sistemática. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 18(2): 335-351, ISSN: 2500-5308. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:635.
- Retureta González, C.O.R., Corrales, C.R.P., Zubiaur, R.O. M., Murillo, V.E.V., Escandón, R.S.G. & Lagunes, M.M. 2019. Efecto del riego sobre la calidad, desarrollo y producción de biomasa a dos edades de corte en *Cenchrus purpureus* vc. CT-115, para la región central del estado de Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(1): 41-48, ISSN: 2638-1716. <http://ojs.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/176>.
- Reyes Pérez, J. J., Méndez, Y., Verdecia, D.M., Luna, R.A., Espinosa, A. L., Triviño, J. L., Guzman, J.A. & Ledea, J.L. 2021. Evaluación de la fertilización en respuestas morfoagronómicas de variedades de *Cenchrus purpureus* en diferentes edades de rebrote. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*, 24(1): 1-11, ISSN: 1870-0462. <https://doi.org/10.56369/tsaes.2983>.
- Reyes Pérez, J.J., Méndez Martínez, Y., Ledea Rodríguez, J.L., Luna Murillo, R.A., Espinosa Coronel, A.L. & Álvarez Perdomo, G.R. 2019. Productividad y calidad forrajera de variedades de *Cenchrus purpureus* en la zona de Maná, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22: 701-712, ISSN: 1870-0462, <https://doi.org/10.56369/tsaes.2903>. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2903>.
- Rueda, J.A., Ortega, E., Hernandez, A., Enríquez, J. F Guerrero, J.D. & Quero, A. R. 2016. Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 88: 59-65, ISSN: 1873-2909. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.007>.
- StatSoft, Inc. 2011. STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 10. Available at: <http://www.statsoft.com>.
- Uvidia, H., Leonard, I., Benítez, D. & Buestan, D. 2013. Dinámica del crecimiento de la Maralfalfa (*Pennisetum sp*), en condiciones de la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 2 (1): 14-18, ISSN: 1390-5600. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v02n01ep02-0022>.
- Vázquez, G.A. & González, M.R. 2017. Zonificación agroecológica del pasto (*Pennisetum purpureum* Schumach), variedad Taiwán en Chiapas, México. *Agroproductividad*, 10(2): 25-32, ISSN: 2594-0252. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/948>.
- Viana, B., Carneiro, A., Guim, A. & Andrade, M. 2018. Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under grazing. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 53(11): 1268-1275, ISSN: 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001100009>.
- Villanueva Ávalos, J.F., Vázquez González, A. & Quero Carrillo, A.R. 2022. Atributos agronómicos y producción de forraje en ecotipos de *Cenchrus purpureus* en condiciones de trópico subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(SPE27): 1-9, ISSN: 2007-0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3147>.
- Yan, Q., Li, J., Lu, L., Gao, L., Lai, D., Yao, N. & Zhang, J. 2021. Integrated analyses of phenotype, phytohormone, and transcriptome to elucidate the mechanism governing internode elongation in two contrasting elephant grass (*Cenchrus purpureus*) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 170: 113693, ISSN: 0926-6690. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113693>.