



Efecto de la edad del rebrote y el clima en la composición química de *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba

Effect of regrowth age and climate on the chemical composition of *Cenchrus purpureus* in degraded ecosystems of Cuba

Yuniel Méndez-Martínez^{1,*} ; Juan José Reyes-Pérez¹ ; Ricardo Augusto Luna-Murillo² ; José Leonardo Ledea-Rodríguez³ ; Willian Oswaldo Sornoza-Zambrano⁴ ; Félix Vicente Herrera-Mena⁴ ; Guido Rodolfo Álvarez-Perdomo¹ ; Jorge Luis Ramírez De La Ribera⁵ 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito. Km 1 ½ vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

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

³ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Instituto Politécnico Nacional. N° 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

⁴ Instituto Tecnológico Superior Ciudad de Valencia, Quevedo, Ecuador.

⁵ Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.

Received February 25, 2020. Accepted June 23, 2020.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la edad de rebrote y del clima en la composición química del *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba. Se realizó un experimento en dos periodos bien definidos: poco lluvioso (enero a abril) y lluvioso (julio a octubre). Los tratamientos (edades de rebrote: 30, 45, 60, 75, 90 105 días) se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Se determinaron los constituyentes estructurales de la pared celular, minerales (calcio y fósforo), y digestibilidad de la materia seca y orgánica. La fibra detergente neutra mostró un comportamiento definido por la estación climática (72,37% en lluvias y 69,67% en pocas lluvias). Los elementos del clima mostraron alta relación con la composición química y se ajustaron modelos lineales de regresión con elevados coeficientes de determinación, superiores a 0,71 en los dos periodos evaluados; las variables lluvias y temperatura máxima fueron las que proporcionaron mayores ajustes. Con el incremento de la edad disminuyó la calidad de la planta, y de los factores climáticos, las precipitaciones y temperatura máxima son las que más afectan la calidad nutritiva de la planta.

Palabras clave: digestibilidad; fibra; gramínea; pastos y forrajes; *Pennisetum*; temperatura.

Abstract

The objective of this work was to determine the effect of age and climate on the chemical composition of *Cenchrus purpureus* in degraded ecosystems of Cuba. An experiment was carried out in two well-defined periods: slightly rainy (January to April) and rainy (July to October). The treatments (regrowth ages: 30, 45, 60, 75, 90 105 days) were distributed in a randomized block design with four replicas. The structural constituents of the cell wall, minerals (calcium and phosphorus), and digestibility of dry and organic matter were determined. The neutral detergent fiber showed a behavior defined by the climatic season (72.37% in rains and 69.67% in few rains). The elements of the climate showed a high relationship with the chemical composition and linear regression models were adjusted with high coefficients of determination, greater than 0.71 in the two periods evaluated; the rainfall and maximum temperature variables were the ones that provided the greatest adjustments. With the increase in age, the quality of the plant decreased, and of climatic factors, rainfall and maximum temperature are those that most affect the nutritional quality of the plant.

Keywords: digestibility; fiber; grass; grasses and forages; *Pennisetum*; temperature.

Cite this article:

Méndez-Martínez, Y.; Reyes-Pérez, J.J.; Luna-Murillo, R.A.; Ledea-Rodríguez, J.L.; Sornoza-Sambrano, W.O.; Herrera-Mena, F.V.; Álvarez-Perdomo, G.R.; Ramírez, J.L. 2020. Efecto de la edad del rebrote y el clima en la composición química de *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 301-308.

* Corresponding author

E-mail: ymendezm@uteq.edu.ec (Y. Méndez-Martínez).

© 2020 All rights reserved

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2020.03.02](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.02)

1. Introducción

Las gramíneas tropicales poseen como potencialidad, acumular gran cantidad de biomasa por unidad de superficie en un intervalo de tiempo determinado. Son caracterizadas por presentar un rápido crecimiento y ser plantas muy eficientes en el aprovechamiento de la energía solar. Sin embargo, su calidad cambia rápidamente, ya que con la edad experimentan modificaciones sensibles y graduales en su composición química (Ramírez et al., 2012; Ledea et al., 2018). En la última década, y de forma acelerada por efecto del cambio climático, el régimen y distribución de las precipitaciones ha cambiado de forma radical, estableciéndose una favorable disponibilidad de alimentos cuando son abundantes, pero también un marcado déficit de pasturas cuando las lluvias son escasas (Ledea et al., 2018; Méndez-Martínez et al., 2020). En Cuba, existen dos épocas climáticas (lluviosa y poco lluviosa) con características específicas. La precipitación media histórica es de 1335 mm, y de ella más del 80% precipita en la época de lluvias. El régimen pluviométrico se caracteriza por gran variabilidad, sobre todo en el oriente, donde se han registrado más de 3000 mm para la porción norte, y menos de 600 para la porción sur, principalmente por las influencias orográficas. Esta variabilidad determina, durante seis meses en el año, una disminución del potencial productivo de los pastos y forrajes utilizados en la alimentación animal, cuyo comportamiento es marcadamente favorecido en la estación lluviosa (Arias et al., 2018).

Por otra parte, se planteó que para recuperar la ganadería de carne y leche se debe asegurar la base alimentaria que provea, al menos, de disponibilidad de alimentos en pie con calidad, pero antes de llegar a esta particularidad es necesario conocer y caracterizar la productividad de las variedades que se utilicen para este fin, y más cuando imperan condiciones limitantes. Los ecosistemas adversos o degradados, en los que se desarrolla la ganadería en Cuba, proveen al ganado de pocas sustancias nutritivas y de varias sustancias tóxicas. Una de las alternativas para asegurar la base alimentaria en estos ecosistemas, es la introducción de especies o variedades que toleren las limitaciones edafoclimáticas propias de dichos ecosistemas (Ledea et al., 2018). Los pastos del género *Cenchrus* abrieron nuevas expectativas, por su amplio rango de adaptación, mayor cantidad de forraje y superior calidad nutricional. Los cuales se adaptan muy bien a las condiciones climáticas de Cuba y reflejan rendimientos que en

ocasiones sobrepasan las 30 toneladas de materia seca por hectárea (Ramírez et al., 2012). Sin embargo, no se conoce con claridad el comportamiento de algunas variedades según la edad de rebrote y las condiciones climáticas prevalecientes en la región oriental de Cuba.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la edad de rebrote y el clima en el *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

El experimento se realizó en la finca de producción de semilla “La Almendra”, perteneciente a la empresa pecuaria La Bayamesa, localizada en la provincia de Granma a 12 km de la ciudad de Bayamo, al sureste de Cuba. Se utilizó la especie *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-169, con cuatro años de establecida. El estudio se llevó a cabo durante los períodos poco lluvioso, de enero a abril y lluvioso, de julio a octubre.

Datos climáticos y composición química del suelo en el área experimental

En el área experimental los indicadores climáticos se comportaron de la siguiente manera: el período poco lluvioso las precipitaciones fueron de 130 mm, la temperatura media de 24,3 °C, la mínima promedio 18,9 °C, la máxima 30,6 °C y la humedad relativa promedio de 71%. En el período lluvioso los valores fueron de 759 mm, 27,2 °C, 23,5 °C, 33 °C y 81%, respectivamente. Todas las variables climáticas fueron medidas diariamente para poder establecer las correlaciones con la composición química de la planta. Solo se expresa el acumulado en las precipitaciones y las medias para las restantes variables. El suelo presente es Aluvial poco diferenciado. Las características del suelo aparecen en la [Tabla 1](#).

Tabla 1
Composición química del suelo en el área experimental

pH	mg/100g de suelo			MO %
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nitrógeno total	
6,2	2,5	38,5	34	3,2

Variables evaluadas

Edad de rebrote

Para estudiar las diferentes edades de rebrote del *Cenchrus purpureus* al inicio de la evaluación en cada período, se realizó un corte de uniformidad a 10 cm del suelo, para el período poco lluvioso en enero y para el lluvioso en julio. Para tomar las muestras se delimitaron parcelas de 25 m² correspondientes a las edades de rebrote (30, 45, 60, 75, 90 y 105 días) con 50 cm por cada lado para el efecto de borde. El área no se

regó ni fertilizó durante el experimento. Las parcelas estaban constituidas por 95% de los pastos a evaluar, 3% de gramíneas pertenecientes al género *Dichantium* y 2% de especies pertenecientes a la familia Ciperaceas.

Las parcelas de 25 m² se cortaron en el momento de evaluación de cada edad de rebrote, el contenido se pesó y se trasladó al laboratorio. Los muestreos se realizaron entre las 8 y las 10 de la mañana.

Composición química

Las muestras húmedas se secaron en una estufa de circulación de aire a 65°C durante 72 horas para determinar la materia seca según (AOAC, 2016). Posteriormente se pesaron y se utilizaron 200g para los restantes análisis realizados.

Se determinaron las variables fósforo (P) y calcio (Ca) según la (AOAC, 2016). La fibra detergente neutra (FDN), lignina detergente ácida y fibra detergente ácido (FDA), así como la celulosa y hemicelulosa según Van Soest (1991).

Para determinar la digestibilidad de la materia seca y orgánica se empleó el método de Orskov et al. (1980) utilizando 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. Las muestras de cada edad de rebrote se incubaron por sextuplicado en cada animal, para esto fueron molidas a 2 mm de espesor. Los bovinos tuvieron una adaptación de 15 días al alimento evaluado. La materia orgánica (MO) se determinó por incineración en mufla a 550 °C durante 24 h (AOAC, 2016).

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas para cada una de las edades en estudio en las dos épocas evaluadas. Los tratamientos consistieron en las edades de rebrote 30, 45, 60, 75, 90 105 días, para los períodos lluviosos y poco lluvioso. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones.

Para la distribución normal de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y para la homogeneidad de las varianzas la prueba de Bartlett. Se realizó análisis de varianza de ANOVA. Las medias se compararon utilizando la prueba de Keuls (1952). Se establecieron correlaciones entre las variables químicas evaluadas en el pasto y los elementos del clima. Posteriormente se establecieron ecuaciones de regresiones múltiples para conocer la relación de la edad, la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones con las variables de calidad del pasto.

Para seleccionar las expresiones de mejor ajuste se consideraron los siguientes elementos: alto coeficiente de determinación (R²), elevada significación, aporte significativo de los términos y bajos coeficientes de indeterminación (1- R²), errores estándar de los términos, errores estándar de estimación y cuadrado medio del error (Guerra et al., 2003).

Para todos coeficientes de correlación se empleó la clasificación de altos o elevados cuando eran superiores a 0,40 (p < 0,001) según (Herrera, 2006). Se empleó el programa SPSS (2012) versión 21 para Windows.

3. Resultados y discusión

Efecto de la edad de rebrote en la composición química

En el período lluvioso los valores de la FDN aumentaron con la edad de rebrote, los mayores porcentajes se alcanzaron para la edad de 105 días, aunque no se mostraron diferencias entre los dos primeros tratamientos. Algo similar ocurrió para FDA, aunque fueron los tratamientos tres y cuatro los que no mostraron diferencias entre sí (Tabla 2). Para la lignina detergente ácida (LDA) el mayor porcentaje se alcanzó a los 105 días de rebrote. La celulosa se incrementó con la edad de la planta y la hemicelulosa no mostró un comportamiento definido con la edad de la planta.

Tabla 2

Efecto de la edad de rebrote en la composición química del *Cenchrus purpureus* en el período lluvioso

Indicadores	Edad (días)						EE±	p
	30	45	60	75	90	105		
FDN (%)	59,89 ^a	59,85 ^a	60,92 ^b	66,05 ^c	69,35 ^d	72,37 ^e	1,01	0,001
FDA %	32,41 ^a	32,77 ^a	34,16 ^b	38,03 ^c	38,77 ^c	44,16 ^d	0,86	0,002
LDA (%)	3,14 ^a	3,55 ^b	3,66 ^b	4,13 ^c	4,37 ^d	5,55 ^e	0,16	0,001
Celulosa (%)	29,26 ^a	29,22 ^a	30,50 ^b	33,90 ^c	34,40 ^d	38,60 ^e	0,7	0,001
Hemicelulosa (%)	27,48 ^a	27,08 ^a	26,76 ^b	28,01 ^c	30,57 ^d	28,02 ^c	0,26	0,01
P (%)	0,20 ^a	0,19 ^a	0,19 ^a	0,19 ^a	0,17 ^b	0,14 ^c	0,004	0,002
Ca (%)	0,30 ^a	0,37 ^b	0,37 ^b	0,40 ^c	0,39 ^c	0,50 ^d	0,01	0,003
DMS (%)	68,65 ^a	67,04 ^b	64,86 ^c	58,19 ^d	53,02 ^e	52,09 ^f	1,37	0,002
DMO (%)	69,72 ^a	68,03 ^b	66,58 ^c	59,49 ^d	54,49 ^e	53,15 ^f	1,36	0,001

Letras desiguales en una misma fila difieren significativamente según Keuls (1952). FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, P: fósforo, Ca: calcio, DMS: digestibilidad de la materia seca, DMO: digestibilidad de la materia orgánica.

Tabla 3Efecto de la edad de rebrote en la composición química del *Cenchrus purpureus* en el periodo poco lluvioso

Indicadores	Edad (días)						EE±	p
	30	45	60	75	90	105		
FDN (%)	60,41 ^a	65,35 ^b	66,96 ^c	67,47 ^c	68,60 ^d	69,67 ^e	0,41	0,01
FDA (%)	35,26 ^a	35,29 ^a	37,10 ^b	37,57 ^b	38,40 ^c	41,09 ^d	0,62	0,001
LDA (%)	3,10 ^a	3,42 ^b	3,63 ^c	4,21 ^d	4,80 ^e	4,92 ^e	0,14	0,01
Celulosa (%)	32,16 ^a	31,87 ^a	33,47 ^b	33,35 ^b	33,6 ^b	36,17 ^c	0,29	0,002
Hemicelulosa (%)	25,16 ^a	30,03 ^b	29,86 ^b	29,91 ^b	30,02 ^b	28,59 ^c	0,37	0,01
DMS (%)	67,85 ^a	64,20 ^b	61 ^c	57,9 ^d	55,08 ^e	53,70 ^f	1,04	0,001
DMO (%)	68,64 ^a	66,31 ^b	62,59 ^c	59,02 ^d	57,67 ^e	56,33 ^f	0,94	0,002
P (%)	0,37 ^a	0,18 ^b	0,18 ^b	0,15 ^c	0,13 ^d	0,12 ^d	0,01	0,01
Ca (%)	0,30 ^a	0,46 ^b	0,50 ^c	0,50 ^c	0,69 ^d	0,90 ^e	0,04	0,01

Letras desiguales en una misma fila difieren significativamente según Keuls (1952). FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, P: fósforo, Ca: calcio, DMS: digestibilidad de la materia seca, DMO: digestibilidad de la materia orgánica.

El incremento de la edad de rebrote en las plantas trae consigo cambios cuantitativos y cualitativos que afectan de forma directa la pared celular, y los nutrientes contenidos en la célula. En este trabajo la FDN, FDA y LDA aumentaron de forma general con el incremento de la edad de la planta, esto está dado por un aumento de la fracción tallo según avanzó la edad de rebrote (Ramírez *et al.*, 2012; Ordaz *et al.*, 2018). Diferentes estudios han notificado resultados similares e informan que el incremento de los carbohidratos estructurales, celulosa y hemicelulosa y el compuesto fenólico lignina, están relacionados con el grado de rigidez, la resistencia de los tejidos vasculares, que se incrementan con el avance de la madurez fisiológica del vegetal (Barrera *et al.*, 2015). Para el caso específico del fósforo los tratamientos uno, dos, tres y cuatro no mostraron diferencias entre sí. Para el Ca ocurrió lo contrario los porcentajes se incrementaron con la edad de la planta. Los valores de digestibilidad de la materia seca y orgánica disminuyeron con la edad de rebrote (Tabla 2). La DMS y DMO orgánica disminuyeron con la madurez del vegetal. La reducción de estos indicadores con el incremento de la madurez también está influida por el aumento de los componentes estructurales. Los pastos tropicales en los primeros estadios de crecimiento presentan la pared celular delgada, con poca fibra, permitiendo la fácil ruptura y tiempos cortos de digestión (Calzada *et al.*, 2014).

Ledea *et al.* (2017) señalaron que, los constantes cambios en la estructura y composición química, estimulados principalmente por la interacción de la edad de rebrote con la estación climática, limitan su utilización por la microflora ruminal. En este sentido, Gutiérrez *et al.* (2015) refirieron que, de la concentración de la MO en la pared celular (35-80%), solo es digestible entre el 65-67 de forma establecida, esto valores son similares a los obtenidos en este estudio y superiores a los notificados por Ledea *et al.* (2018), para diferentes clones de *Cenchrus purpureus* en condiciones climáticas

similares, lo que sugiere que la variedad es otro factor que influye en este comportamiento (Caballero *et al.*, 2016).

En el periodo poco lluvioso la FDN se incrementó con la edad de la planta. Algo similar ocurrió para la FDA, aunque los tratamientos uno y dos no mostraron diferencias entre sí, al igual que el tercero y cuarto. La LDA se incrementó con la edad de rebrote (Tabla 3). Por su parte la celulosa reflejó el mayor porcentaje a los 105 días de edad. Sin embargo, no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos uno y dos, algo similar ocurrió entre los tratamientos tres, cuatro y cinco.

La hemicelulosa no mostró un comportamiento definido con el aumento de la edad de la planta. La DMS y DMO se incrementaron con la edad de la planta (Tabla 3). Entre todos los tratamientos evaluados se mostraron diferencias significativas para estas dos variables. Para el caso específico del fósforo disminuyó con la edad del vegetal y el calcio aumentó.

Los criterios expuestos, justifican que, con el incremento de la edad de rebrote, prevalecen los carbohidratos estructurales y con ello, la reducción del acceso microbiano a la parte orgánica de la pared y lumen celular, al ser estos dos factores (edad de rebrote e incremento de los constituyentes de la pared celular) directamente proporcionales. Por lo tanto, la organización de los constituyentes de la pared celular predispone el acceso de los microorganismos y la acción enzimática sobre los sustratos específicos, y esto se refleja en la degradabilidad de las diferentes fracciones (Caro y Dihigo, 2015).

Otros estudios notificaron que la digestibilidad de la materia seca y orgánica está directamente relacionada con el incremento de la edad, y los componentes de la pared celular. Estos autores señalaron que dichos componentes aumentan con el incremento de la fracción tallo, y que la degradabilidad de este está asociada, a la distribución de los tejidos y con ellos, sus estructuras químicas, que varían dentro de un mismo

órgano, diferentes órganos y partes de la planta (Ledea et al., 2017; Oliveira et al., 2017).

Por otra parte, se ha confirmado que la celulosa es uno de los compuestos mayoritarios en los tallos de las gramíneas (Ledea et al., 2018), y es el principal en tallos del género *Cenchrus* (Martínez y González, 2017). La celulosa se une al resto de los carbohidratos estructurales mediante puentes de hidrógeno, que se caracterizan por presentar fuertes enlaces y gran cantidad de energía entre ellos, dependiendo de la fuerza e intensidad de la carga y el ángulo de enlace entre los átomos, además de las fuerzas de Van der Waals (Cárdenas et al., 2016), que impiden de forma muy marcada la degradación del monosacárido por la acción enzimática.

La composición mineral de los forrajes es variable, por estar determinada por la fertilidad del suelo, la especie de forraje y su edad de cosecha o pastoreo, entre otros factores (Ruiz et al., 2017). Los estudios de Vázquez y Torres (2007), notificaron que el fósforo, potasio y magnesio disminuyeron con la edad de la planta, dado principalmente porque estos abundan más en las partes jóvenes y en crecimiento, especialmente en los brotes, hojas jóvenes y extremos radicales como es el caso del potasio. Los resultados de este trabajo demostraron disminución de forma general del componente fósforo según avanzó la edad de la planta, dado entre otros aspectos por el descenso de la síntesis de compuestos orgánicos (Ramírez et al., 2014; Gichangi et al., 2016).

Efecto del clima en la composición química

Las correlaciones entre los factores del clima y la composición química en el período lluvioso mostraron los mayores ($p \leq 0,05$) coeficientes de correlación de Pearson para la FDN, y en sentido inverso (negativos) para la DMS. Para la temperatura media se mostraron coeficientes negativos para las variables FDN, FDA, Celulosa y LDA, superiores a 0,90. Los mayores coeficientes positivos se

reflejaron para DMS, DMO y el P (Tabla 4). En el caso específico de la temperatura mínima el mayor coeficiente fue negativo y lo mostró la hemicelulosa ($r = -0,74$). Para la temperatura máxima se mostró un comportamiento inverso (negativo) de este indicador en relación con las variables FDN, FDA, LDA, Celulosa y Ca.

La relación entre la humedad relativa y los indicadores de la calidad mostró el mayor coeficiente para la LDA, y el más bajo, que a su vez fue negativo para la DMS.

La productividad de las plantas está determinada por un grupo de factores inherentes al vegetal y externos. En el primero se encuentran sus características biológicas y el segundo, el suelo, clima y manejo (Herrera et al., 2017a). En este estudio se establecieron correlaciones de Pearson que demostraron la relación de los elementos del clima con los indicadores de la calidad del *Cenchrus purpureus* vc CT 169 en ecosistemas frágiles de la región oriental de Cuba. Se decidió informar coeficientes de correlación de Pearson superiores a 0,40, pues trabajos de modelación del crecimiento de diferentes gramíneas prateras informaron coeficientes de determinación (R^2) superiores a 0,40 (Araujo et al., 2013; Andrade et al., 2015; Herrera et al., 2017b).

Diversos informes resaltan la importancia de los elementos del clima en la respuesta productiva de los pastos y su calidad, notificando el grado de relación que existe entre estos (Fernández et al., 2015; Ramírez et al., 2017). La literatura nacional señala las diferencias que existen en el comportamiento de los pastos y forrajes, atribuibles a los períodos climáticos. Estudios realizados en gramíneas de los géneros *Cenchrus*, *Brachiaria* y *Megathyrus* informaron resultados específicos inherentes a la variedad para cada período estacional (Sardiñas et al., 2016; Ray et al., 2016).

En el período poco lluvioso, el mayor ($p \leq 0,05$) coeficiente de correlación de Pearson entre las lluvias y los indicadores del clima se encontró para el Ca, y en sentido inverso para la DMS.

Tabla 4

Coefficiente de correlación de Pearson entre la composición química y los factores del clima en el período lluvioso

Variables dependientes (%)	Variables independientes					
	Lluvias mm	Temperatura °C			Humedad relativa %	Radiación Solar
		media	mínima	máxima		
FDN	0,95***	-0,92***	-0,47*	-0,48*	0,78***	-0,58**
FDA	0,93***	-0,92***		-0,55**	0,85***	-0,57**
LDA	0,88***	-0,93***		-0,55**	0,87***	-0,55**
Celulosa.	0,93***	-0,92***		-0,55**	0,84***	-0,57**
Hemicelulosa	0,64***	-0,52**	-0,74***			
DMS	-0,97***	0,86***	0,62***		-0,68***	0,46*
DMO	-0,97***	0,87***	0,60***		-0,69***	0,47**
P	-0,71***	0,86***		0,64***	-0,84***	0,64***
Ca	0,81***	-0,83***		-0,40*	0,78***	

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$. FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, P: fósforo, Ca: calcio, DMS: digestibilidad de la materia seca, DMO: digestibilidad de la materia orgánica.

Tabla 5

Coefficiente de correlación de Pearson entre la composición química y los factores del clima en el periodo poco lluvioso

Variables dependientes (%)	Variables independientes					
	Lluvias mm	Temperatura °C			Humedad Relativa (%)	Radiación solar
		media	mínima	máxima		
FDN	0,68***	0,82***	0,73***	0,85***	-0,84***	-0,65***
FDA	0,93***	0,92***	0,93***	0,88***	-0,47*	
LDA	0,84***	0,97***	0,95***	0,98***	-0,67***	
Cel.	0,92***	0,83***	0,86***	0,77***		
Hemicelulosa				0,45*	-0,89***	-0,72***
DMS	-0,80***	-0,96***	-0,91***	-0,97***	0,76***	0,42*
DMO	-0,77***	-0,96***	-0,91***	-0,97***	0,77***	0,40*
P	-0,54**	-0,68***	-0,58**	-0,74***	0,87***	0,65***
Ca	0,94***	0,87***	0,88***	0,85***	-0,50**	

*p < 0,05 **p < 0,01 ***p < 0,001. FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, P: fósforo, Ca: calcio, DMS: digestibilidad de la materia seca, DMO: digestibilidad de la materia orgánica.

Tabla 6

Ecuaciones múltiples lineales entre la edad, los factores del clima y la calidad del *Cenchrus purpureus* en el periodo lluvioso

Ecuación	EE±	R²	p
FDN = 200+0,26(±0,08)E-23,08(±0,11)LI-14,20(±0,16)temperatura máxima	0,52	0,97	0,002
FDA = 366 + 0,4 (±0,04)E-10,73 (±0,1)LI+6,20 (±0,1)temperatura máxima	0,73	0,97	0,001
LDA = 37,98+0,066(±0,01)E+0,001 (±0,002)LI-1,07 (±0,19)temperatura máxima	0,16	0,95	0,001
Celulosa = 184+0,11(±0,06)E-4,6(±0,8)temperatura máxima	0,72	0,95	0,001
Hemicelulosa = -379+0,02(±0,003)E+13,9(±1,34)temperatura máxima-16,1(±1,57)RS	0,43	0,88	0,001
DMS = 348,6+0,126(±0,03)E-0,06(±0,004)LI-12,5(±1,28)temperatura máxima	0,03	0,99	0,001
DMO = -879-0,2(±0,02)E+33,8(±1,39)Tm+6,01(±2,8)temperatura máxima	1,51	0,94	0,0001
P = -1,7-0,0005(±0,0001)E+0,05(±0,01)temperatura máxima	0,01	0,71	0,01
Ca = -27,7+0,003(0,0002)E+1,05(±0,13)Tm+0,13(±0,02)temperatura máxima	0,15	0,93	0,002

E: edad, LI: lluvias, Tm: temperatura media, RS: radiación solar. FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, P: fósforo, CA: calcio, DMS: digestibilidad de la materia seca, DMO: digestibilidad de la materia orgánica.

Al establecer la relación entre la temperatura media y las variables de calidad los mayores coeficientes fueron negativos para la DMS y DMO. Sin embargo, la LDA reflejó el mayor coeficiente positivo (r = 0,97).

La temperatura mínima tuvo una relación alta (superior a 0,90) con LDA, y baja con el P inferior a 0,60. La relación entre la temperatura máxima y los indicadores de calidad mostraron altos coeficientes, pero negativos para la DMS y DMO (Tabla 5).

La humedad relativa tuvo la relación más alta pero inversa con la hemicelulosa (r = -0,89). El coeficiente de Pearson fue relativamente bajo (inferior a 0,60) entre la radiación solar y los indicadores de calidad evaluados.

Si se compran estos resultados con los referidos con anterioridad para los géneros *Brachiaria* y *Megathyrus* se puede apreciar que son similares, producto de la igualdad en las condiciones experimentales. Estudios en el Ecuador notificaron valores inferiores a los reportados en este trabajo al correlacionar los factores del clima con indicadores del rendimiento y la calidad, lo que pudo estar dado por las diferencias en las condiciones climáticas (Uvidia et al., 2015; Uvidia et al., 2018), esto le confiere importancia a la investigación, ya que el conocimiento del comportamiento específico de la especie en dependencia del lugar donde se desarrollen permite establecer estrategias de manejos y uso adecuado. Otros trabajos informaron altos valores de

correlaciones (superiores a 0,90) con las precipitaciones al estudiar otras especies de pastos en el trópico (Verdecia et al., 2018).

El conocimiento de los coeficientes de correlación de Pearson permitió establecer ecuaciones de regresiones múltiples entre la edad, los factores del clima (variables independientes), con los indicadores de calidad (variables dependientes).

En el periodo lluvioso, la temperatura máxima y las precipitaciones fueron los factores del clima con mayor preponderancia en las ecuaciones lineales múltiples establecidas (Tabla 6). Señalar que para el caso específico de la hemicelulosa mostró relación con la radiación solar y para la DMO con la temperatura media. En todas las ecuaciones los valores de R² fueron superiores a 0,70 (p ≤ 0,01). Los errores estándar fueron bajos en todos los casos.

Los modelos lineales múltiples establecidos entre los indicadores del clima y la composición química permiten minimizar el empleo de costosas técnicas analíticas con una determinación más sencilla y económica para los productores. La temperatura máxima constituyó la variable que forma parte de la mayoría de las ecuaciones establecidas, lo que sin duda le confiere una importancia peculiar a esta investigación, y pudiera estar relacionado con la poca diferencia que existe en esta región con los valores máximos y mínimo de temperatura, independientemente de la época que se estudie.

Tabla 7

Ecuaciones múltiples lineales entre la edad, los factores del clima y la calidad del *Cenchrus purpureus* en el periodo poco lluvioso

Ecuación	EE±	R ²	p
FDN=168,56+0,29 (±0,25)E-0,07(±0,10)LI-3,85(±0,20)temperatura máxima	0,70	0,94	0,002
FDA=8,82+0,11(±0,13)E-0,78(±0,14)LI+0,65(±0,04)temperatura máxima	0,32	0,97	0,001
LDA=8,99+0,02 (±0,14)E+0,034(±0,13)LI+0,25(±0,04)temperatura máxima	0,10	0,97	0,001
Celulosa=101,8+0,09(±0,01)E+1,47(±0,24)Tm-3,17(±0,24)temperatura máxima	0,34	0,94	0,001
Hemicelulosa=41,35+0,08(±0,01)E-0,06(±0,01)LI-3,39(±0,97)RS	0,94	0,74	0,01
DMS=198,87-0,21(±0,006)E-2,97(±0,95)LI	0,31	0,99	0,0001
DMO=148,9-0,12(±0,02)E+1,53(±0,43)Tm-3,33(±0,71)temperatura máxima	0,62	0,98	0,001
P=0,41-0,004(±0,0006)E+0,001(±0,0006)LI	0,04	0,75	0,01
Ca=0,16+0,003(±0,0007)E+0,003(±0,0006)LI	0,04	0,95	0,001

E: edad, LI: lluvias, Tm: temperatura mínima, RS: radiación solar. FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, P: fósforo, CA: calcio, DMS: digestibilidad de la materia seca, DMO: digestibilidad de la materia orgánica.

Resultados similares informaron otros autores en especies de gramíneas tropicales, encontrando altos coeficientes de regresión y bajos errores estándar, lo que le confirió al modelo mayor precisión (Andrade et al., 2013; Verdecia et al., 2018).

En el período poco lluvioso, fueron altos los ajustes para todas las variables de calidad evaluadas, los R² fueron superiores 0.70 (Tabla 7). Los elementos climáticos de mayor preponderancia fueron la temperatura máxima y las lluvias. En el caso específico de la hemicelulosa la radiación solar formó parte de la ecuación. Es de señalar en todos los casos los errores estándar fueron bajos, con los altos coeficientes de determinación, y alta probabilidad estadística.

Las expresiones matemáticas determinadas informan la necesidad de considerar los factores climáticos en su conjunto; ya que su interrelación influye en el metabolismo de la planta como se puso de manifiesto, y señalaron la importancia de las temperaturas y las lluvias según (Herrera et al., 2016). Resultados similares a los de este trabajo, se notificaron en Ecuador, estos autores encontraron coeficientes superiores a los 0,88 al relacionar diferentes variables climáticas con indicadores del rendimiento en el género *Cenchrus* (Uvidía et al., 2018). Otros estudios llevados a cabo en la región oriental de Cuba señalaron cómo los elementos del clima explican el comportamiento del rendimiento e indicadores de calidad; estos autores establecieron modelos lineales múltiples y relacionaron las precipitaciones, temperatura máxima, mínima y la humedad relativa, con las variables antes mencionadas (Herrera et al., 2017a).

El conocimiento de la relación de los elementos del clima con los indicadores de calidad de los pastos aquí evaluados permitirá tomar decisiones, y mejorar los balances forrajeros a los diferentes niveles de producción, sin olvidar que a medida que se intensifiquen los efectos del cambio climático sobre la agricultura, será cada vez más difícil cultivar cosechas y criar animales.

4. Conclusiones

Al incrementarse la edad de la planta aumentó el contenido de compuestos estructurales (fibra detergente ácido, fibra detergente neutra, Celulosa, Hemicelulosa y lignina detergente ácida), lo cual afectó la degradabilidad de la materia seca y materia orgánica (-50%). Los elementos del clima presentaron de forma general altas correlaciones ($r = 0.90$), en el período lluvioso la de mayor aporte en la variabilidad de la composición química fue la humedad relativa ($r = 0,78 - 0,84$) y en el período poco lluvioso las precipitaciones, temperatura (mínima, media y máxima), humedad relativa y radiación solar ($r = 0,68 - 0,98$). Las ecuaciones de regresión para los elementos del clima y composición química develaron altos coeficientes de determinación que llegaron a explicar entre el 74 y 98% de la variabilidad entre los mismos. Se considera pertinente desarrollar evaluaciones que incluyan la variación estructural dentro de las moléculas de lignina, celulosa y hemicelulosa principalmente.

ORCID

Y. Méndez-Martínez <https://orcid.org/0000-0002-5365-5794>
 J.J. Reyes-Pérez <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>
 RA. Luna-Murillo <https://orcid.org/0000-0002-9078-9302>
 J.L. Ledea-Rodríguez <https://orcid.org/0000-0001-5195-1496>
 W.O. Sornoza-Zambrano <https://orcid.org/0000-0002-3029-0032>
 F.V. Herrera-Mena <https://orcid.org/0000-0002-2067-2109>
 G.R. Álvarez-Perdomo <https://orcid.org/0000-0001-7072-9110>
 J.L. Ramírez <https://orcid.org/0000-0002-0956-0245>

Referencias bibliográficas

- Andrade, A.; Santos, P.; Pezzopane, J.; et al. 2015. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. *Grass and Forage Science* 71(1): 54-65.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD, USA. 770-771.
- Araujo, L.; Santos, P.; Rodríguez, D.; et al. 2013. Simulating Guinea Grass Production: Empirical and Mechanistic Approaches. *Agronomy Journal* 105(1): 61-69.
- Arias, R.; Ledea, J.; Benítez, D.; et al. 2018. Performance of new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to drought, during dry period. *Cuban Journal of Agricultural Science* 52(2): 203-214.

- Barrera, A.; Álvarez, R.; Avellaneda, J.; et al. 2015. Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. Ciencia y Tecnología 8(2): 13-27.
- Caballero, A.; Martínez, R.; Hernández, Marta.; et al. 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Pastos Forrajes 39(2): 94-104.
- Calzada, J.; Enríquez, J.; Hernández, A.; et al. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 5(2): 247-260.
- Cárdenas, A.; Bautista, L.; Zegarra, L.; et al. 2016. Degradabilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda de las hojas y peciolo del Pisonay (*Erythrina falcata*). Revista Veterinaria Perú 27(1): 39-44.
- Caro, Y.; Dihigo, L. 2015. Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas que incluían harina integral de dólido y mucuna. Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología 30: 29-35.
- Fernández, J.; Viamonte, M.; Fonseca, N.; et al. 2015. Evaluación de dos cultivares de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía en la región de Cauto Cristo, Granma, Cuba. Ciencia y Tecnología Ganadera 9(1): 23-29.
- Gichangi, E.; Njarui, D.; Gatheru, Mwangi.; et al. 2016. Effects of brachiaria grasses on soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in soils of the semi arid tropics of Kenya. Tropical and Subtropical Agroecosystems 19: 193-203.
- Guerra, C.; Cabrera, A.; Fernández, Lucia. 2003. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 37(1): 3-10.
- Gutiérrez, D.; Borjas, E.; Rodríguez, R.; et al. 2015. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal in situ de ensilaje mixto con *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169: *Moringa oleifera*. Avances en Investigación Agropecuaria 19(3): 7-16.
- Herrera, R. 2006. Fotosíntesis En: Pastos tropicales, contribución a la Fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes, Ed. EDICA, ICA, La Habana. 37 pp.
- Herrera, R.; García, M.; Cruz, Ana. 2016. Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y la población de clones de *Pennisetum purpureum*. Avances en Investigación Agropecuaria. 20(2): 33-41.
- Herrera, R.; Verdecia, D.; Ramírez, J.; et al. 2017a. Relación entre algunos factores climáticos y la composición química de *Thitonia diversifolia*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 51(2): 271-279.
- Herrera, R.; Verdecia, D.; Ramírez, J.; et al. 2017b. Metabolitos secundarios de *Leucaena leucocephala*. Su relación con algunos elementos del clima, diferentes expresiones de digestibilidad y metabolitos primarios. Cuban Journal of Agricultural Science 51(1): 107-116.
- Keuls, M. 1952. The use of the studentized range' in connection with an analysis of variance. Euphytica 1(2): 112-122.
- Ledeá, J.; Benítez, D.; Arias, R.; et al. 2017. Comportamiento agronomico de cultivares de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad. Revista Producción Animal 3(29): 18-28.
- Ledeá, J.; Ray J.; La O.O.; et al. 2018. Degradabilidad ruminal de la materia orgánica de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a sequía. Agronomía Mesoamericana 29(2): 375-387.
- Martínez, R.; González, C. 2017. Evaluation of varieties and hybrids of elephant grass *Pennisetum purpureum* and *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* for forage production. Cuban Journal of Agricultural Science 51(4): 447-487.
- Méndez-Martínez, Y.; Reyes-Pérez, J.J.; Luna-Murillo, R.A.; et al. 2020. Effect of climate area on yield and quality of three varieties of *Megathyrsus maximus*. Cuban Journal of Agricultural Science 52(4): 1-12.
- Oliveira, M.; Daher, R.; Menezes, B.; et al. 2017. Genetic diversity of elephant grass (*Cenchrus purpureus* Schumach. Morrone) for energetic production based on quantitative and multi-categories traits. Chilean Journal of Agric. Research 77(1): 48-57.
- Ordaz, R.; Sosa, E.; Mendoza, S.; et al. 2018. composición química del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* schumach) a diferente intervalo de corte. Agroproductividad 11(5): 135-139.
- Orskov, E.; Hovell, B.; Moudi, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical. 5: 213.
- Ramírez, J.; Zambrano, D.; Campuzano, Janeth.; et al. 2017. El clima y su influencia en la producción de los pastos. Revista Electrónica de Veterinaria 18(6): 1-13.
- Ramírez, J.; Herrera, R.; Leonard, I.; et al. 2012. Rendimiento y calidad de la *Brachiaria decumbens* en suelo fluvisol del Valle del Cauto, Cuba. Revista Electrónica de Veterinaria 13(4): 1-11.
- Ramírez, J.; Leonard, I.; Verdecia, D.; 2014. Relación de dos minerales con la edad y los elementos del clima en un pasto tropical. Revista Electrónica de Veterinaria 15(5): 1-8.
- Ray, J.; Herrera, R.; Benítez, D.; et al. 2016. Análisis multivariado del comportamiento agronomico y de la calidad forrajera de nuevos clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a sequía en el Valle del Cauto, Cuba. 2016. Cuban Journal of Agricultural Science 50(4): 639-648.
- Ruiz, T.; Febles, G.; Vasallo, J.; et al. 2017. Evaluation of *Cenchrus purpureus* varieties during its establishment in western Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science 51(1): 93-100.
- Sardiñas, Y.; Del Viento, A.; Palma, J. 2016. Simultaneous association of different tree species with Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Cuban Journal of Agricultural Science 50(2): 503-510.
- SPSS. 2012. Software for Window, release 21.0, INC., Chicago, IL USA.
- Uvidia, H.; Ramírez, J.; Decker, M.; et al. 2018. Influence of age and climate in the production of *Cenchrus purpureus* in the Ecuadorian amazon region. Tropical and Subtropical Agroecosystems 21: 95-100.
- Uvidia, H.; Ramírez, J.; Vargas, J.; et al. 2015. Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* cv *Maralfalfa* en la Amazonia ecuatoriana. Revista Electrónica de Veterinaria 16(6): 1-5.
- Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583.
- Vázquez, B.; Torres, G. 2007. Nutrición mineral. In: Fisiología Vegetal, La Habana, Cuba: Félix Varela, pp. 164-167.
- Verdecia, D.; Herrera, R.; Ramírez, J.; et al. 2018. Yield components, chemical characterization and polyphenolic profile of *Thitonia diversifolia* in Valle del Cauto, Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science 52(4): 1-15.