

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

CAMPUS LOMA BONITA

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA Y
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO *Cenchrus purpureus*
cv CT115**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

**PRESENTA:
ANA LIDIA TORRES OCAMPO**

**DIRECTOR:
D. C. JOSE ANGEL RUEDA BARRIENTOS**

LOMA BONITA, OAXACA, 2019



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
CAMPUS LOMA BONITA

LA PRESENTE TESIS TITULADA “RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO *Cenchrus purpureus* cv CT115” PRESENTADA POR LA C. ANA LIDIA TORRES OCAMPO, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

D.C. JOSE ANGEL RUEDA BARRIENTOS
DIRECTOR

M.C. JULIAN COTERA RIVERA
REVISOR

M.C. CARLOS IVÁN MEDEL CONTRERAS
REVISOR



Universidad del Papaloapan

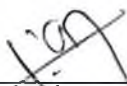
FECHA:	15 de Octubre del 2019
ÁREA:	Vice-Rectoría Académica
OFICIO NÚMERO:	UNPA/VRA/244/2019
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

C. Ana Lidia Torres Ocampo
P R E S E N T E:

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **“Rendimiento, composición morfológica y composición química del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115”** así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. José Ángel Rueda Barrientos.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente.
terra ubérrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chi jí jú


MC. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
Vice-Rector Académico.



C.c.p. Dra. Tania Zúñiga Marroquín Jefe de Carrera de la Lic. En Zootecnia
C.c.p. L.P. Yesenia Barrientos Arenal. Jefa del Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. Dr. José Ángel Rueda Barrientos. Director de Tesis.
C.c.p. Archivo.



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

Loma Bonita, Oaxaca a 8 de octubre de 2019.

M.E. Yesenia Barrientos Arenal
Jefa del Departamento de Servicios Escolares
PRESENTE

Mediante la presente, le informo que la Jefatura de carrera de la Licenciatura en Zootecnia con el visto bueno de la Vice-rectoría Académica, ha designado a los siguientes profesores como sinodales del examen profesional de el exalumno, el **C. Ana Lidia Torres Ocampo**, quien defenderá su trabajo de tesis titulado **"Rendimiento, composición morfológica y composición química del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115"**, para obtener el título de **Licenciado en Zootecnia**.

Titulares:

Presidente: M.C. Julián Cotera Rivera
Secretario: M.C. Carlos Iván Medel Contreras
Vocal: D.C. Jose Angel Rueda Barrientos

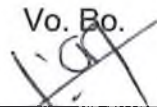
Suplentes:

Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández
Dr. Sergio Ramírez Ordoñez

Sin más por el momento, le envió un cordial saludo.

Atentamente


Dra. Tania Zúñiga Marroquín
Jefa de Carrera de Lic. en Zootecnia

Vo. Bo.

M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector Académico

C.c.p.: M.C. Hector López Arjona. Vicerector académico. Para su conocimiento
C.C.p: Archivo

DEDICATORIA

Con amor y cariño infinitos, a mis madres:

Elidia Torres

Maribel

Alma Luz

& a mis hermanos:

Alexis y Susan

“Estamos hechos de aquellos que nos han construido”

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad del Papaloapan**, por brindarme la oportunidad de culminar mi formación profesional.

Al D.C. **Jose A. Rueda**, por ser parte fundamental en la construcción de este trabajo, por la confianza y dedicación.

Al Dr. **Bertín M. Joaquín**, a quien agradezco su asesoría en mi decisión de estudiar una carrera profesional y por exhortarme a culminarla.

A mis profesores (a): Dr. **Nicolás Valenzuela**, Dr. **Cecilio U. Aguilar**, M.C. **Hazaribagh García**, Dra. **Cynthia M. Antonio**, Dra. **Gladis Morales**, M.C. **Carlos I. Medel**, Dr. **Miguel A. Sánchez**, M.C. **Julián Coter** y la Dra. **Tania Zuñiga**. A todos ellos agradezco mi formación en las distintas áreas de conocimiento, así como su influencia en mi desarrollo personal y profesional, además de compartir conmigo su tiempo y educarme en valores.

A la encargada del Laboratorio Químico Biológico, Lic. **Christian Gissell Parroquín**; a **María del Carmen Antonio** por apoyarme durante la fase experimental; a **Jorge Luis Robles**, por su amistad.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1. El pasto Elefante	4
4.2. Características del pasto CT115	4
4.3. Utilización del pasto CT115	5
4.4. Rendimiento	6
4.5. Variación en la composición morfológica durante el crecimiento	8
4.6. El patrón de acumulación de la fracción hoja	9
4.7. Composición química	10
4.8. Selección de la dieta en función a la composición morfológica	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1. Localización	13
5.2. Condiciones experimentales	13
5.3. Medición de las variables morfológicas	14

5.4.	Estimación del rendimiento.....	15
5.5.	Análisis químico.....	15
5.5.1.	Determinación de fibra detergente neutro (FDN)	16
5.5.2.	Determinación de fibra detergente ácido (FDA)	16
5.5.3.	Determinación de lignina detergente ácido (LDA)	17
5.5.4.	Determinación de cenizas	18
5.5.5.	Hemicelulosa y celulosa.....	18
5.5.6.	Contenido de humedad y materia seca.....	18
5.6.	Tratamientos y diseño experimental	18
5.7.	Análisis de datos y modelo estadístico	19
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
6.1.	Variables asociadas al crecimiento.....	21
6.2.	Rendimiento y composición morfológica.....	22
6.3.	Composición química.....	26
6.3.1.	Fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas	26
6.3.2.	Contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA)	33
7.	CONCLUSIÓN	37
8.	LITERATURA CITADA.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA) y proteína cruda (PC) del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv Napier en tres edades.	12
Cuadro 2. Altura, diámetro de tallo e intercepción luminosa del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv CT115 durante ciclos de crecimiento ininterrumpidos de 5 meses en las épocas lluviosa y seca.	22
Cuadro 3. Rendimiento total y por fracción morfológica del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv CT115 durante ciclos de crecimiento ininterrumpido de 5 meses en las épocas lluviosa y seca.	24
Cuadro 4. Contenido promedio de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas, en la hoja y tallo del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.	27
Cuadro 5. Variación en el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas en la hoja y tallo del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.	29
Cuadro 6. Contenido promedio de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA), en la hoja y tallo del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.	33
Cuadro 7. Variación en el contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA) en la hoja y tallo del pasto <i>Cenchrus purpureus</i> cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporción que ocupa la hoja, el tallo y el material muerto del pasto CT115 durante 5 meses de crecimiento durante la época lluviosa y la época seca.....	23
--	----

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Sitio Experimental Papaloapan del INIFAP, en Isla Veracruz, México, a 18° 06' 21" LN y 95° 32' 01" LO y a 65 msnm. El clima del sitio es un Aw₁. El objetivo fue evaluar el rendimiento, composición morfológica y la composición química del pasto *C. purpureus* cv CT115, durante 154 días de crecimiento ininterrumpido, para las épocas lluviosa (junio a octubre) y seca (diciembre a abril) de los años 2013 y 2014. El diseño experimental consistió en cuatro bloques al azar con dos repeticiones. La altura, el diámetro y la interceptación luminosa fueron siempre superiores en la época lluviosa. El rendimiento en hoja fue mayor que el de tallo antes de la sexta semana en época lluviosa, y antes de la décima semana de la época seca. La hoja siempre presentó 14 % más hemicelulosa, 21 % menos celulosa y 65 % menos lignina que el tallo; mientras que el rebrote de la época lluviosa presentó 17 % más hemicelulosa, 20 % menos celulosa y 22 % menos lignina que el rebrote de la época seca. De acuerdo con la altura de planta y el rendimiento en hoja, CT115 debe aprovecharse a las 7 semanas de rebrote en la época lluviosa y a las 10 semanas en la época seca. A dichas edades, la altura del pasto es adecuada para pastoreo (1.6 vs 1.3 m), con un buen rendimiento en hoja (1.9 vs 2.3 t ha⁻¹), una baja lignificación del tallo (15 vs 44 g kg⁻¹) y una relación hoja/tallo de 1.0.

Palabras clave: *Cenchrus purpureus*, composición morfológica, composición química, rendimiento, banco de forraje.

ABSTRACT

The field work was conducted at the Sitio Experimental Papaloapan of the INIFAP, Isla, Ver., Mex., at 18° 06' 21'' N and 95° 32' 01'' W and at 65 m above sea level. The climate is an Aw1. The aim was to track yield, morphological composition and nutritive value in a forage bank of *C. purpureus* cv CT115, during 154 days of uninterrupted growth, for the wet and dry seasons of the years 2013 and 2014. The experimental design consisted of four random blocks with two intra-block repetitions. The height, diameter and light interception were always higher for the wet season. The leaf yield was higher than that of the stem before the sixth week in the wet season, or before the tenth week in the dry season. Leaf always had 14 % more hemicellulose, 21 % less cellulose and 65 % less lignin than the stem; while wet season regrowth had 17 % more hemicellulose, 20 % less cellulose and 22 % less lignin than that of the dry season. According to plant height and leaf yield, CT115 should be grazed at 7 weeks of regrowth in the wet season and at 10 weeks in the dry season. At these ages, the height of the grass is suitable for grazing (1.6 vs. 1.3 m), with a good leaf yield (1.9 vs. 2.3 t ha⁻¹) and a low stem lignification (15 vs. 44 g kg⁻¹) and a leaf / stem ratio of 1.0.

Key words: *Cenchrus purpureus*, morphological composition, chemical composition, yield, forage bank.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de forraje es una práctica indispensable para la sostenibilidad de las explotaciones pecuarias, dada la escasez de alimento para el ganado durante la época seca. Los métodos más convencionales para la conservación de forraje son el ensilado y el henificado. Un método alternativo que comienza a popularizarse en el trópico mexicano, es el de bancos de forraje, que consiste en la conservación de forraje verde en pie, en el campo. Los bancos de forraje presentan varias ventajas en comparación con los métodos convencionales de conservación. Por ejemplo, no requieren recursos o mano de obra adicional, mientras que su implementación consiste sólo en diferir la cosecha o pastoreo hasta la época seca. Este método de conservación es muy funcional en climas cálidos - húmedos del trópico mexicano, dado que los ciclos de lluvias pueden perdurar hasta 9 meses (de junio a febrero). Entre las especies más utilizadas como banco de forraje, se encuentra el pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115.

Los estudios sobre bancos de forraje de CT115 se han enfocado en sistemas de pastoreo. Sin embargo, dado que este método requiere diferir la cosecha durante varios meses, es necesario conocer la calidad y cantidad de forraje que puede proveer un banco de forraje en función a la edad de aprovechamiento. El presente trabajo evalúa la composición morfológica, el rendimiento y la composición química del pasto CT115 durante 5 meses de crecimiento ininterrumpido, con un intervalo entre cortes de 28 días, para identificar edades en las que ocurra cierto balance entre rendimiento de hoja y calidad nutritiva del forraje.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la composición morfológica y la composición química del pasto *Cenchrus purpureus* CT115 durante ciclos de crecimiento de 154 días, sin disturbación, para definir rangos de edad en los que se disponga de un elevado rendimiento en hoja, y/o se tenga un balance entre el rendimiento y la calidad nutritiva del forraje.

2.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar la altura de planta, el diámetro de tallo y la intercepción luminosa del pasto CT115 durante 154 días de crecimiento.
- b) Cuantificar el rendimiento total y por fracción morfológica, durante 154 días de crecimiento del pasto CT115 para las épocas lluviosa y seca, en el trópico mexicano.
- c) Determinar la composición química durante el crecimiento del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115, utilizado como banco de forraje.
- d) A partir de las variaciones en la composición morfológica del pasto *Cenchrus purpureus* CT115, definir la edad del rebrote en la que se estabiliza el rendimiento en hoja.

3. HIPÓTESIS

- a) Mientras que la altura del pasto CT115 es siempre creciente, el rebrote de la época seca será más limitado.
- b) A partir de los dos meses del rebrote, el aumento en la producción de materia seca representará principalmente acumulación de tallo, mientras que el rendimiento en hoja permanecerá relativamente constante.
- c) El rendimiento en hoja del pasto CT115 se estabiliza alrededor de los dos meses de edad del rebrote, por lo que la relación hoja / tallo se reducirá a la par.
- d) Las fracciones de la fibra incrementarán con la edad del rebrote, lo que a su vez reducirá la calidad nutritiva del forraje.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El pasto Elefante

Entre las especies más utilizadas como pastos de corte se encuentra el pasto Elefante, *Pennisetum purpureum* Syn. *Cenchrus purpureus* (Chemisquy *et al.*, 2010). Este forraje, de origen africano, se introdujo en las zonas tropicales de centro y sur de América, mostrando una excelente adaptación al trópico. Se trata de un pasto perenne, cuya gran habilidad reproductiva se debe a su expansión a partir de rizomas cortos (Singh *et al.*, 2013). El pasto Elefante usualmente se reproduce de forma vegetativa, debido a la baja tasa de germinación de su semilla, de manera que se siembra mediante segmentos de tallos maduros provistos de yemas axilares desarrolladas, o bien utilizando tallos jóvenes con raíces viables (Singh *et al.*, 2013). La plasticidad en la distribución de las hojas (Fortes *et al.*, 2011) y el ángulo de los tallos respecto al suelo maximizan la intercepción luminosa (Kubota *et al.*, 1994). No obstante, su alta talla limita la cosecha por pastoreo conforme la planta gana altura; razón por la que esta especie se ha clasificado como un forraje más adecuado para sistemas de corte y acarreo que para sistemas de pastoreo (Williams y Hanna, 1995).

4.2. Características del pasto CT115

Dentro de los pastos del género *Cenchrus purpureus*, varios cultivares se han empleado como forraje. El cultivar CT115 presenta resistencia a sequía. Este cultivar fue obtenido en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba a partir de cultivo de tejidos de King Grass (Martinez *et al.*, 1986). CT115 puede ser utilizado tanto

para corte como para pastoreo, debido a que es el cultivar de menor altura dentro de la especie (Valenciega *et al.*, 2001). Hasta ahora, CT115 es el cultivar de pasto Elefante más utilizado para el establecimiento de bancos de forraje (Martínez y Herrera, 2006).

De acuerdo con investigaciones desarrolladas en el trópico mexicano, CT115 presenta un alto rendimiento en hoja, una baja altura (Rueda *et al.*, 2016) y una alta densidad de tallos (Rueda *et al.*, 2018) en comparación con otros cultivares de pasto Elefante. Un mayor rendimiento en hoja y una menor altura implican que una pradera de CT115 provee de mayor cantidad y calidad de forraje, y que dicho forraje se encuentra al alcance del animal, lo que se traduce en una mayor eficiencia de pastoreo (Böhnert *et al.*, 1985).

4.3. Utilización del pasto CT115

Durante la época de seca (marzo a junio), la viabilidad de los sistemas de producción animal disminuye debido a la escasez de alimento para el ganado. Una alternativa para solucionar esta problemática consiste en conservar una parte del forraje que se produce durante la época lluviosa (julio a octubre) (Martínez y Herrera, 2006). El ensilado y la henificación son los métodos de conservación más utilizados para este fin. No obstante, ambos métodos implican una inversión de recursos adicional y requieren del uso de mano de obra y/o maquinaria (Muck y Shinnors, 2001). Los bancos de forraje de pasto CT115 se han propuesto como una alternativa de bajo costo para solventar la carencia de forraje durante la estación seca (Martínez y Herrera, 2006). La tecnología de bancos de forraje de CT115 consiste únicamente en diferir la utilización de los

potreros hasta la estación seca, usualmente para pastoreo, por lo que no se requiere una inversión extra, sino una programación que considere reservar un área de la pradera para utilizarla mediante pastoreo durante la estación seca (Lok et al., 2013).

4.4. Rendimiento

El pasto *Cenchrus purpureus* se caracteriza por su alta producción de biomasa, llegando a registrar hasta 60 t ha⁻¹ al año (Rengsirikul et al., 2011), pero este parámetro depende de diversos factores, como la época del año, la edad de aprovechamiento, el manejo del cultivo y la variedad utilizada (Martinez y Gonzalez, 2017). No obstante, un mayor rendimiento de pasto no garantiza su calidad como forraje, dado que la calidad está en función de su composición morfológica y del valor nutritivo de cada fracción. Al respecto, es deseable una relación hoja tallo cercana a 1.0, así como un alto contenido de proteína cruda (Pereira et al., 2013).

El crecimiento del pasto Elefante continúa después de los seis meses de rebrote, pero el rendimiento en hoja se maximiza alrededor de los 75 días y se mantiene constante a partir de entonces, entre 5 y 6 t ha⁻¹ (Woodard et al., 1993). Una vez que el rendimiento de la fracción hoja se ha estabilizado, la proporción de tallo continúa incrementando y en consecuencia el tallo se lignifica, reduciendo así la calidad nutricional del pasto (Ansah et al., 2010).

Algunos de los factores que modifican el crecimiento de *Cenchrus purpureus*, y en consecuencia su rendimiento, son la intensidad de defoliación y el intervalo

entre cortes (Lounglawan *et al.*, 2014). Así, la capacidad de rebrote se reducirá conforme disminuya el intervalo entre cortes (Woodard *et al.*, 1993), o conforme aumente la intensidad de utilización, es decir cuando se reduzca la altura residual post cosecha. El rendimiento del pasto se ve afectado por la altura residual en virtud de que la eficiencia del rebrote se promueve a medida que aumenta el área foliar remanente. Cuando la proporción de forraje que permanece en campo es reducida, se limita la capacidad de rebrote de la pradera. Por ejemplo, el rendimiento de materia seca por corte del pasto Elefante incrementó de 1.8 a 4.7 t ha⁻¹ cuando el intervalo de corte aumentó de 30 a 60 días. (Lounglawan *et al.*, 2014). De acuerdo con lo anterior, la frecuencia de 30 días promovió una menor acumulación neta de forraje.

En pastos de talla alta sujetos a cosechas frecuentes, el rendimiento del forraje se reduce a medida que el número de cosechas aumenta. Esto se atribuye a que, durante el periodo entre dos cosechas, el área foliar remanente puede ser insuficiente para la captación efectiva de energía solar (Woodard *et al.*, 1991).

En un estudio desarrollado en Cuba, las variedades King grass, CT169 y OM22 presentaron en promedio un rendimiento de materia seca de 15 t ha⁻¹ a los 70 días del rebrote, con una altura de 1.4 m y 55 % de hoja (Martinez *et al.*, 2010); condición que resulta ideal para el pastoreo (Pereira *et al.*, 2013). A los 140 días, estas variedades tuvieron en promedio una altura de 2.8 m y un rendimiento de 23 t ha⁻¹, con 35 % de hoja. Sin embargo, dada su altura, en esta última etapa el pasto solo podría ser utilizado para corte y acarreo (Martinez *et al.*, 2010).

En un estudio sobre el rendimiento en hoja y tallo en cinco variedades de pasto Elefante (Caballero *et al.*, 2016), se encontró que el pasto CT115 tuvo un rendimiento de 5 t ha⁻¹ de hoja y 7.4 t ha⁻¹ de tallo durante la época seca, con una frecuencia de utilización de 90 días. El mismo estudio, se reporta un rendimiento de 7 t ha⁻¹ de hoja y 9.8 t ha⁻¹ de tallo para la época lluviosa, con un intervalo entre cortes de 60 días. Por otra parte, con base en un estudio realizado por Martínez y González (2017) se estimó que el rendimiento promedio de cuatro variedades de *C. purpureus* fue de 7.5 t ha⁻¹ en hoja y 11.4 t ha⁻¹ en tallo, durante la época seca con un intervalo de 90 días entre cortes. Con base en el mismo trabajo, se estimó un rendimiento de 6 t ha⁻¹ en hoja y 7 t ha⁻¹ de tallo para la época lluviosa, con una frecuencia de corte de 60 días. De acuerdo con los dos estudios arriba mencionados el pasto CT115 produce un rendimiento anual de hoja y tallo (Caballero *et al.*, 2016) equiparable con otras variedades de la especie (Martínez y González, 2017), lo cual es notable al anualizar el rendimiento para cada fracción morfológica, a partir de la suma de la producción obtenida en cada estación de crecimiento.

4.5. Variación en la composición morfológica durante el crecimiento

La biomasa acumulada en forma de tallo y hoja se correlaciona positivamente con la edad del rebrote. La composición morfológica durante el crecimiento de un pasto es un indicador del rendimiento y la calidad de un forraje, pero debe dirigirse atención especial al rendimiento de hoja verde y a la proporción del rendimiento representado por esta. Las razones para esta proposición son: primero, a nivel pradera la hoja verde sigue un patrón de acumulación conocido

(Woodard *et al.*, 1993), segundo, el animal en pastoreo basa su dieta en el consumo de hoja verde (Voltolini *et al.*, 2010), y tercero tanto el contenido de nutrientes como la digestibilidad de la hoja son superiores a los del tallo (Böhnert *et al.*, 1986). En *Cenchrus purpureus* cv. Maralfalfa, los componentes morfológicos tallo y hoja mostraron un incremento constante hasta los 151 días de rebrote, para posteriormente disminuir a partir de ese punto, mientras que el material muerto continúa en aumento (Calzada *et al.*, 2014).

4.6. El patrón de acumulación de la fracción hoja

La acumulación de hoja verde sigue un patrón definido (Woodard *et al.*, 1993) en función de factores como la densidad de tallos y la frecuencia e intensidad de utilización. En una pradera que crece sin disturbación, el rendimiento en hoja es creciente durante las primeras seis a ocho semanas de rebrote, para después permanecer relativamente constante. Este patrón de acumulación responde esencialmente a dos razones: primero, el número de hojas que posee un tallo basal desarrollado es una constante característica para cada especie de la familia *Poaceae* (Duru y Ducrocq, 2000), dado que una vez que se alcanza tal número de hojas, la aparición de una nueva hoja coincide con la muerte de aquella de mayor edad (Zanine y Vieira, 2006); y segundo, que los tallos basales tienden a constituir casi la totalidad de la población de tallos, cuando una pradera crece libremente (Rueda *et al.*, 2018), por lo que la población de tallos basales desarrollados y con mayor número de hojas, es la población dominante.

Cuando el crecimiento del pasto Elefante continúa después de los seis meses, el rendimiento en hoja alcanza su límite biológico alrededor de los dos meses de

rebrote y se mantiene constante a partir de entonces entre 5 y 6 t ha⁻¹ de materia seca (Woodard *et al.*, 1993). De acuerdo con lo anterior, un rendimiento entre 10 y 50 t ha⁻¹ representa una oferta constante de 5 t ha⁻¹ de hoja verde, mientras que la diferencia en el rendimiento entre los 60 y 240 días de crecimiento representa esencialmente acumulación de tallo (Woodard *et al.*, 1993), y material muerto.

4.7. Composición química

La composición química de las gramíneas varía en función a su estado de madurez, lo que a su vez modifica el valor nutritivo del forraje que proveen. Por ejemplo, las plantas jóvenes contienen un mayor contenido de nutrientes solubles y un menor contenido de pared celular (Lounglawan *et al.*, 2014; Zailan *et al.*, 2016). Desde el punto de vista de la nutrición animal, un menor contenido de pared celular implica una mayor digestibilidad; lo que a su vez promueve un mayor consumo de forraje (Van Soest *et al.*, 1991).

La edad de la planta es un factor que afecta considerablemente el valor nutritivo de un pasto (Zailan *et al.*, 2016). El pasto *C. purpureus* presenta mayor valor nutritivo conforme aumenta su frecuencia de utilización, dado que se cosechan plantas jóvenes (Woodard *et al.*, 1993). En *C. purpureus*, un aumento del intervalo entre cortes afecta la composición química, dado que la concentración de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina detergente ácido (LDA) aumentan a medida que incrementa la frecuencia de corte (Bayble *et al.*, 2007; Lounglawan *et al.*, 2014). Por ejemplo, después de los 75 días de rebrote, se reduce tanto el contenido de nutrientes solubles como su disponibilidad, en virtud de un aumento en el contenido de fibra (Ansah *et al.*,

2010). Por ejemplo, valores de 68, 72 y 74 % de FDN; 42, 43 y 44 % de FDA; así como 14.1, 10.4 y 7.8 % de proteína cruda, se han reportado para los 60, 90 y 120 días, respectivamente (Bayble et al., 2007). Otro estudio reportó 70, 70 y 73 % de FDN y 11.1, 10.3 y 8.3 % de proteína cruda a las 4, 6 y 8 semanas de edad, respectivamente, para el promedio de cuatro variedades de pasto Elefante, (Zailan et al., 2016).

Cuando el pasto *C. purpureus* se cultiva en asociación con leguminosas, se reduce el contenido de FDN y mejora la calidad nutricional del forraje, aumentando así la digestibilidad del mismo en comparación con el monocultivo de *C. purpureus*. Por ejemplo, la asociación de *C. purpureus* con *Desmodium intortum* promovió un menor contenido de FDN, es decir, la concentración de FDN se redujo de 71 a 65 % cuando *C. purpureus* se cultivó en asociación con *Desmodium intortum* (Bayble et al., 2007).

En el Cuadro 1 se muestran los contenidos de FDN, FDA, LDA y de proteína cruda del pasto Elefante. De acuerdo con estos datos, las fracciones de la fibra aumentan a la par con la edad de rebrote, mientras que el contenido de proteína disminuye (Bayble et al., 2007). Cuando se cosecha a los 90 días de edad y a una altura residual de 15 cm, el pasto Elefante presenta mayor contenido de FDN y menor contenido de FDA en el tallo, que en la hoja. Sin embargo, el contenido de proteína no difirió entre componentes morfológicos (Rengsirikul et al., 2013).

Cuadro 1. Contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA) y proteína cruda (PC) del pasto *Cenchrus purpureus* cv Napier en tres edades.

Edad	FDN (%)	FDA (%)	LDA (%)	PC (%)
60	68.3 ^b	42.1 ^a	4.6 ^b	14.2 ^a
90	71.7 ^b	43.1 ^b	5.5 ^b	10.4 ^b
120	73.6 ^a	44.1 ^a	6.3 ^a	7.8 ^c

FUENTE: Bayble *et al.*, 2007

4.8. Selección de la dieta en función a la composición morfológica

La mayor proporción de hoja y la menor altura de CT115 implican una mayor cantidad de forraje de calidad, “hoja”, al alcance del animal; lo que promueve el consumo (Böhnert *et al.*, 1985). El consumo de forraje está correlacionado con la disponibilidad de hoja, dado que el animal tiene mayor oportunidad de selección (Lascano y Thomas, 1989). Mediante la selección de su dieta, los rumiantes que se alimentan en pastoreo logran consumir una ración de mejor calidad, ya que la hoja tiene mayor contenido de nutrientes que el tallo (Böhnert *et al.*, 1986).

En vacas lecheras en pastoreo de *C. purpureus* cv Camerún, una oferta de forraje con igual proporción de tallo y hoja resultó en un consumo de 80 % de la hoja y 10 % del tallo presentes en la pradera (Voltolini *et al.*, 2010). En un estudio con bovinos en pastoreo alimentados con *Andropogon gayanus*, el animal basó su dieta en un 40 % en hoja verde cuando la proporción de hoja en la pradera fue de 10 %, mientras que el animal basó su dieta en un 90 % en hoja cuando la proporción de hoja en la pradera fue de 20 % (Böhnert *et al.*, 1985).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de un experimento de campo que se realizó durante los años 2013 y 2014. El estudio incluyó información de tres ciclos de crecimiento: la época lluviosa del año 2013, la época seca del año 2014 y la época lluviosa del año 2014; los cuales iniciaron el 1 de junio de 2013, el 7 de diciembre 2013 y el 24 de mayo 2014, en el mismo orden. Para cada uno de los tres ciclos de crecimiento, se cuenta con datos sobre rendimiento total de materia seca y por fracción morfológica a los 14, 42, 70, 98, 126, 154 días de rebrote.

5.1. Localización

El experimento del que provienen los datos de campo del presente estudio se llevó a cabo en el Sitio Experimental Papaloapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Ciudad Isla, Ver., a 18°06' LN, 95°32' LO y 65 msnm, de junio de 2013 a noviembre de 2014. El clima del lugar es Aw_1 , que corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 2004).

5.2. Condiciones experimentales

Previo a la siembra se acondicionó el suelo con un pase de rastra pesada a 20 cm de profundidad. La siembra se realizó colocando dos tallos completos empatados a 'punta y cola' a una profundidad de 5 cm. Los tallos se cortaron en segmentos que contenían de dos a tres entrenudos. La unidad experimental consistió en seis surcos de 8 m de longitud, separados a 0.6 m. La parcela útil fue representada por los cuatro surcos centrales en 6.5 m de su longitud, lo que

correspondió a 26 m lineales. Se contó con ocho unidades experimentales y el diseño experimental fue completamente aleatorizado. Una fórmula de fertilización 200-100-200 (NPK) kg de ha⁻¹ año⁻¹ fue usada, aplicando dos dosis por ciclo de crecimiento, a los 14 y 56 días de edad. Para tal efecto, se utilizó urea [CO (NH₂)₂], fosfato di-amónico [(NH₄)₂ HPO₄] y cloruro de potasio (KCl) como fuentes del fertilizante químico. Durante todo el experimento, el cultivo dependió de las lluvias de temporal. Las parcelas experimentales se sembraron el 25 de junio de 2012, pero el primer ciclo experimental comenzó un año después para permitir un establecimiento adecuado del pasto.

5.3. Medición de las variables morfológicas

Los datos abarcan de los 14 a los 154 días de rebrote, con mediciones a intervalos de 28 días. Las variables medidas en campo fueron altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm) e intercepción luminosa (%). Para la altura y el diámetro de tallo se midieron cinco plantas por unidad experimental (parcela), a manera de sub-repeticiones; mientras que la intercepción luminosa incluyó también cinco sub-repeticiones por parcela. Se promediaron las cinco sub-repeticiones de cada una de las tres variables y se utilizó el promedio como dato de la parcela (la repetición, propiamente). La altura se tomó con un tubo de PVC de 4.0 m graduado a 5 cm. El diámetro se midió aproximadamente a 25 cm sobre el nivel del suelo con un Vernier, en el centro de un entrenudo basal. La intercepción luminosa se midió a las 12:00 pm, con una regla de 1 metro, la cual se colocó perpendicular a dos surcos centrales, y se registró la proporción de la regla que resultó sombreada.

5.4. Estimación del rendimiento

Cada 28 días, entre los 14 y los 154 días, se cortó una muestra de dos metros lineales en un surco central de cada parcela y se registró su peso en húmedo como “peso de la muestra verde”. De la muestra, se tomó una sub-muestra de dos plantas y se separó en sus componentes morfológicos: hoja, tallo y material muerto. Cada componente se colocó en una bolsa de papel y se registró su peso como “peso de la sub-muestra verde”. Las bolsas que contenían los componentes morfológicos de la sub-muestra se colocaron en estufa de aire forzado y se llevaron a peso constante a 65 °C por 96 h; luego se registró su peso en seco como “peso seco del componente morfológico”.

Los pesos de cada fracción morfológica de la sub-muestra, tomados antes y después del secado, permitieron estimar tanto el rendimiento de materia seca total como el rendimiento de materia seca para cada fracción morfológica (hoja, tallo y material muerto; t ha⁻¹). Primero, se calculó el rendimiento total y por cada fracción en los 2 m lineales de donde procedía la muestra, después se extrapoló a una hectárea.

5.5. Análisis químico

Muestras de 10 g de hoja y tallo correspondientes a las edades 14, 42, 70, 98, 126, 154 fueron secadas en un horno de aire forzado, asimismo se molió hasta 1 mm en un molino Wiley®. Las determinaciones del contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina en detergente ácido (LDA) se realizaron de manera secuencial. La FDN y la FDA se estimaron en un analizador de fibras Ankom 200® (Van Soest *et al.*, 1991) y la LDA se determinó

por dilución en ácido sulfúrico (Roberson y Van Soest, 1981). El contenido de cenizas se determinó por combustión durante 2 h a 600 °C.

5.5.1. Determinación de fibra detergente neutro (FDN)

Para la determinación de fibra detergente neutro (FDN), se pesó una muestra de 0.5 g de hoja o tallo del pasto CT115. La muestra se colocó en bolsas Ankom® F57 cerradas con un sellador de impulso tipo AIE-200 UL®. Se pesaron 119.9 g de solución FDN y 20 mL de Triethylen Glycol, se diluyó y aforó a 2 L con agua destilada. La solución se vació en el analizador de fibra Ankom® 200 y se agregaron 20 g de sulfito. Se colocó el soporte con las bolsas Ankom® F57 dentro del analizador de fibras y se encendió la agitación durante 75 minutos a 100 °C. Se drenó toda la solución y con las bolsas Ankom® F57 dentro del analizador, se agregaron 2 L de agua a 80- 90 °C, se agitó durante 5 minutos, este último lavado posterior a la digestión se efectuó dos veces más. Se sumergió en acetona durante 5 minutos y se dejó secar al aire. Se secó durante 2 horas a 105 °C en un horno de secado Ecoshel® 9023. Se pesaron las bolsas Ankom® F57.

5.5.2. Determinación de fibra detergente ácido (FDA)

Para la determinación del contenido de FDA se pesaron 40 g de reactivo FDA y se diluyeron en ácido sulfúrico 1 N, aforando a 2 L. La solución de FDA se vació en el analizador de fibra Ankom® 200 y se introdujo el arnés con las muestras. La digestión se llevó a cabo a 100 °C durante 60 minutos. Al terminar la digestión, sin retirar el arnés, se drenó la solución FDN y se efectuaron tres lavados. Para

realizar los lavados se agitó durante 5 min en agua destilada a 85 °C y se drenó totalmente el agua al terminar cada ciclo de agitación.

Después de los tres lavados, las muestras se exprimieron y se sumergieron en acetona por 5 min, se exprimieron manualmente y se secaron al aire. Las muestras se llevaron a peso constante en un horno de secado Ecoshel® 9023 a 105 °C durante 2 horas y se registró el peso seco en una balanza analítica VELAB®.

5.5.3. Determinación de lignina detergente ácido (LDA)

Para estimar el contenido de LDA se agregaron 250 mL de ácido sulfúrico al 72% en un vaso de precipitado de 500 mL. Se utilizaron las bolsas Ankom® F57 provenientes de la determinación de FDA. Las bolsas se sumergieron lentamente en el vaso de precipitado hasta quedar inmersas en el ácido. Cada 15 minutos y durante 3 horas, las bolsas se agitaron con una varilla de vidrio. Se colocó una bolsa plástica transparente sobre el vaso y la varilla de agitación pasó a través de una perforación de la bolsa, con tal de evitar accidentes por salpicadura de ácido sulfúrico. El ácido utilizado se descartó lentamente en un recipiente de desechos. Se realizaron 3 lavados sumergiendo las muestras en 500 mL de agua destilada a 85 °C y agitándolas, dentro del vaso de precipitado. Se realizaron 3 lavados colocando las bolsas en 250 mL de acetona durante 5 min, se drenó y se dejó secar al aire. Las muestras se llevaron a peso constante en un horno Ecoshel® 9023A durante 2 horas a 105 °C. Finalmente, se tomó el peso seco utilizando una balanza analítica VELAB®.

5.5.4. Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se utilizaron crisoles de porcelana de 20 mL. Los crisoles se llevaron a peso constante a 550 °C durante 30 minutos, en una mufla Vulcan® A-1750, y se registró su peso. Se pesó 1 g de muestra en los crisoles. Las muestras se incineraron a 600 °C durante 2 horas, en la mencionada mufla. La mufla se dejó enfriar hasta 100 °C para retirar los crisoles y se registró el peso seco.

5.5.5. Hemicelulosa y celulosa

El contenido de hemicelulosa se estimó por diferencia entre FDN y FDA, mientras que el contenido de celulosa se estimó por diferencia entre FDA y LDA.

5.5.6. Contenido de humedad y materia seca

Con la finalidad de expresar las determinaciones FDN, FDA y LDA como proporción de la materia seca, se determinó el contenido de humedad, llevando las muestras a peso constante a 105 °C durante 4 h.

5.6. Tratamientos y diseño experimental

La unidad experimental consistió en una parcela con 6 surcos de 8 m de largo y 0.6 m de separación. Las parcelas se distribuyeron de acuerdo con un diseño en cuatro bloques al azar, de acuerdo con cierta irregularidad y pendiente en el terreno, y se usaron sólo dos repeticiones dentro de cada bloque.

5.7. Análisis de datos y modelo estadístico

Los análisis se realizaron mediante el procedimiento GLM en el software SAS 9.4 (SAS, 2016). Posteriormente las medias de cada edad se contrastaron por medio de una prueba de Tukey.

Las variables medidas en campo, así como el rendimiento de forraje por fracción morfológica y el rendimiento total, fueron analizados mediante el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + S_j + AS_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Valor de la variación en la i –ésima edad, j –ésima época, k –ésimo bloque y l –ésima repetición.

μ : Media general de la variable.

A_i : Efecto de la i –ésima edad.

S_j : Efecto de la j –ésima época.

AS_{ij} : Efecto de la interacción edad por época.

β_k : Efecto del k –ésimo bloque.

ε_{ijkl} : Error asociado a la variable respuesta en la i –ésima edad, j –ésima época, k –ésimo bloque y l –ésima repetición.

Por otra parte, las variables de composición química se analizaron de acuerdo con el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + F_j + AF_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Valor de la variación en la i -ésima edad, j -ésima época, k -ésima repetición

μ : Media general de la variable.

A_i : Efecto de la i -ésima edad.

F_j : Efecto de la j -ésima fracción.

AF_{ij} : Efecto de la interacción edad por fracción.

ε_{ijk} : Error asociado a la variable respuesta en en la i -ésima edad, j -ésima fracción y k -ésima repetición.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables asociadas al crecimiento

La altura, el diámetro y la interceptación luminosa del pasto CT115 se muestran en el Cuadro 2, ordenados por época y edad de rebrote.

La altura y el diámetro de tallo registrados durante el rebrote de la época lluviosa fueron superiores a aquellos registrados durante la época seca ($P < 0.05$), a partir de los 42 días de crecimiento, cuando se comparan a edades equivalentes. No obstante, estas variables no difirieron entre las dos épocas a los 14 días de edad ($P > 0.05$). La interceptación luminosa fue siempre superior para la época lluviosa al comparar ambas estaciones en edades correspondientes ($P < 0.05$).

Tanto para la época lluviosa como para la época seca, la altura de planta fue creciente entre los 14 y 126 días, pero no difirió entre los 126 y 154 días de edad ($P > 0.05$). En la época lluviosa, el diámetro de tallo fue creciente durante los primeros 98 días de rebrote. Por el contrario, en la época seca, el diámetro de tallo fue decreciente durante los primeros 70 días. En ninguna de las dos épocas existió variación en el diámetro de tallo entre los 126 y 154 días ($P > 0.05$). En ambas épocas, el porcentaje de interceptación luminosa aumentó entre los 14 y 70 días de edad ($P < 0.05$), pero permaneció constante entre los 98 y 154 días ($P > 0.05$). No obstante, durante la época seca, la interceptación luminosa se redujo desde los 98 días de edad y permaneció constante a partir de entonces.

Cuadro 2. Altura, diámetro de tallo e interceptación luminosa del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115 durante ciclos de crecimiento ininterrumpidos de 5 meses en las épocas lluviosa y seca.

Edad	Altura (cm)		Diámetro de tallo (mm)		Intercepción luminosa (%)	
	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca
14	40 ^{Ae}	32 ^{Ae}	9.4 ^{Bc}	15.2 ^{Aa}	24 ^{Ac}	16 ^{Bd}
42	161 ^{Ad}	70 ^{Bd}	13.6 ^{Aab}	11.4 ^{Bb}	81 ^{Ab}	43 ^{Bc}
70	230 ^{Ac}	135 ^{Bc}	13.2 ^{Ab}	9.0 ^{Bc}	87 ^{Aa}	88 ^{Aa}
98	263 ^{Ab}	186 ^{Bb}	14.7 ^{Aa}	9.0 ^{Bc}	92 ^{Aa}	77 ^{Bb}
126	297 ^{Aa}	201 ^{Ba}	13.4 ^{Ab}	9.4 ^{Bc}	91 ^{Aa}	74 ^{Bb}
154	305 ^{Aa}	207 ^{Ba}	13.9 ^{Aab}	7.8 ^{Bc}	91 ^{Aa}	71 ^{Bb}
EE	3.8	4.8	0.5	0.6	2.1	2.7
R ²	0.98		0.68		0.90	

a,b,c...e: Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05).

A,B: Medias en la misma fila con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05), siempre que representen a la misma variable.

EE: Error estándar.

6.2. Rendimiento y composición morfológica

La variación en la composición morfológica durante el crecimiento del pasto CT115, durante las épocas lluviosa y seca, se muestra en la Figura 1. El rendimiento total, el rendimiento en hoja, el rendimiento en tallo y la acumulación de material muerto se muestran por época y edad de rebrote en el Cuadro 3.

El rendimiento de forraje fue monótono creciente durante todo el ciclo, en ambas épocas. La hoja representó la mayor proporción del rendimiento hasta los 42 días en la época lluviosa, y hasta los 70 días en la época seca (P<0.05). Mientras que el tallo fue el principal componente del rendimiento a partir de dichas edades (P<0.05).

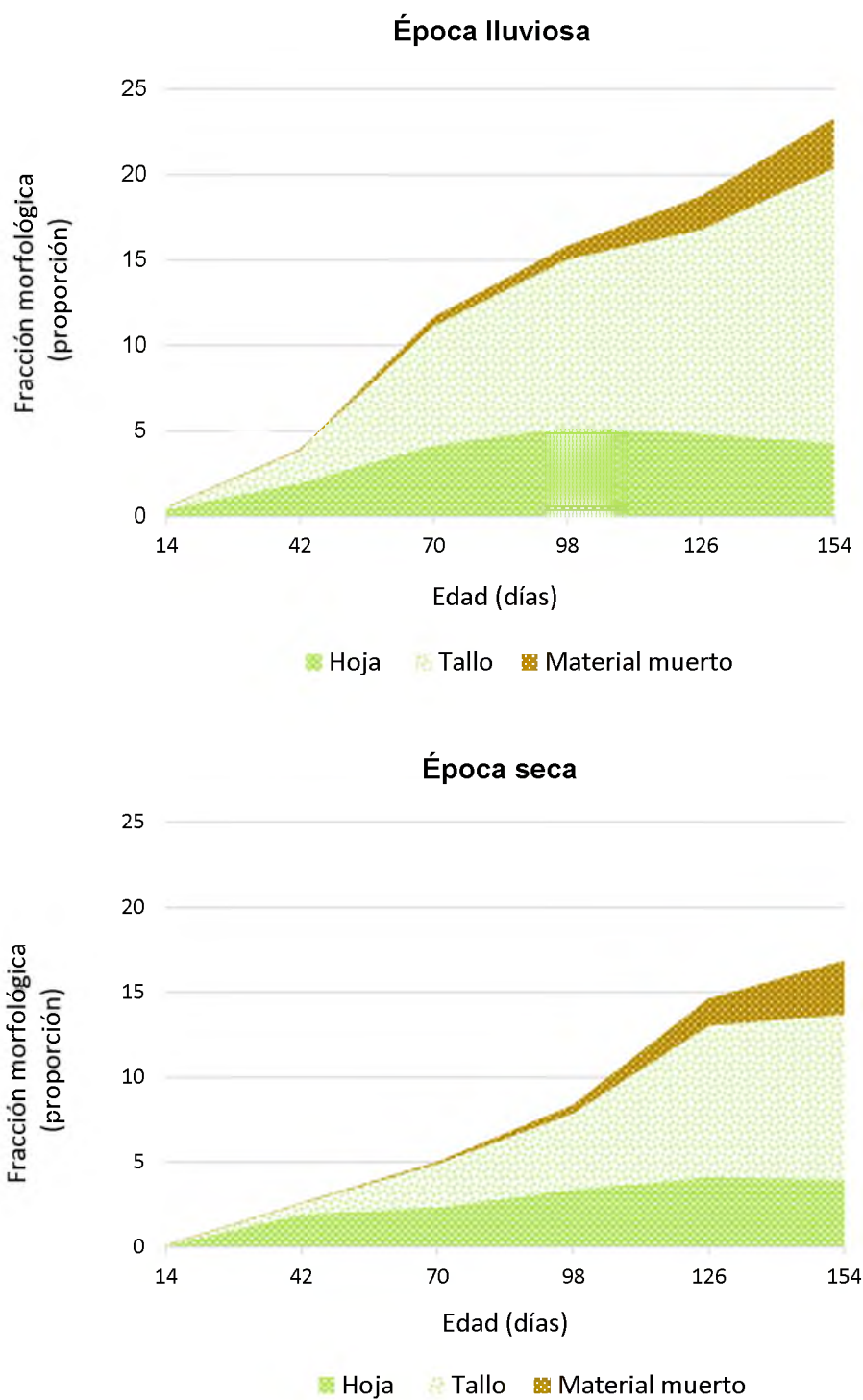


Figura 1. Proporción que ocupa la hoja, el tallo y el material muerto del pasto CT115 durante 5 meses de crecimiento durante la época lluviosa y la época seca.

Cuadro 3. Rendimiento total y por fracción morfológica del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115 durante ciclos de crecimiento ininterrumpido de 5 meses en las épocas lluviosa y seca.

Edad	Hoja (t ha ⁻¹)		Tallo (t ha ⁻¹)		Material muerto (t ha ⁻¹)		Total (t ha ⁻¹)	
	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca
14	0.4 ^{Ae}	0.1 ^{Ad}	0.1 ^{Af}	0.0 ^{Ad}	0.0 ^d	0.0 ^c	0.5 ^{Af}	0.1 ^{Af}
42	1.9 ^{Ad}	1.9 ^{Ac}	1.9 ^{Ae}	0.6 ^{Bd}	0.0 ^d	0.0 ^c	3.9 ^{Ae}	2.6 ^{Be}
70	4.1 ^{Ac}	2.3 ^{Bbc}	7.0 ^{Ad}	2.6 ^{Bc}	0.5 ^{cd}	0.1 ^c	11.6 ^{Ad}	5.0 ^{Bd}
98	5.2 ^{Aa}	3.4 ^{Bb}	9.9 ^{Ac}	4.5 ^{Bb}	0.7 ^c	0.5 ^c	15.8 ^{Ac}	8.3 ^{Bc}
126	4.8 ^{Aab}	4.1 ^{Ba}	11.9 ^{Ab}	9.0 ^{Ba}	1.9 ^b	1.6 ^b	18.7 ^{Ab}	14.6 ^{Bb}
154	4.3 ^{Abc}	3.9 ^{Ba}	16.1 ^{Aa}	9.8 ^{Ba}	2.9 ^a	3.1 ^a	23.3 ^{Aa}	16.8 ^{Ba}
EE	0.2	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.5
R ²	0.81		0.97		0.75		0.98	

a,b,c : Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05).

A,B : Medias en la misma fila con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05), siempre que representen a la misma variable.

EE: Error estándar.

En la época lluviosa, el rendimiento en hoja fue creciente hasta el día 98 del rebrote, edad en la que el rendimiento de hoja supera 5 t ha⁻¹. Posteriormente, el rendimiento en hoja se redujo paulatinamente hasta alcanzar 4.3 t ha⁻¹ en el día 154 (P<0.05). Sin embargo, el rendimiento en tallo fue siempre creciente, por lo que la relación hoja / tallo se redujo constantemente. Por otra parte, la acumulación de material muerto sólo fue significativa a partir de los 98 días del rebrote (P<0.05).

En la época seca, tanto el rendimiento en hoja como el rendimiento en tallo fueron crecientes hasta los 126 días (P<0.05), pero no se presentó variación entre los 126 y 154 días para ninguna de estas fracciones (P>0.05). En esta época, la

acumulación de material muerto fue significativa sólo a partir de los 126 días de rebrote ($P < 0.05$).

La proporción relativa de la hoja en el rendimiento de forraje se redujo a medida que avanzó la edad del rebrote, mientras que el tallo representó la mayor parte del rendimiento desde el día 70, para ambas épocas. La acumulación constante de tallo, sin incrementos significativos en el rendimiento en hoja ha sido reportada para esta especie, en ciclos de crecimiento de 200 días (Woodard *et al.*, 1993).

La mayor proporción de hoja registrada durante la época seca no implica un mayor rendimiento de hoja (Figura 1), en virtud de que el rendimiento total de forraje observado durante la época lluviosa fue siempre superior a aquel registrado para la época seca, cuando se comparó a edades correspondientes (Cuadro 3).

Al inicio del rebrote, el rendimiento de ambas fracciones morfológicas aumentó simultáneamente, pero el rendimiento de hoja aumentó en menor magnitud. No obstante, el rendimiento en hoja sigue presentando pequeños aumentos hasta el día 126. Lo anterior ocurre como consecuencia del alargamiento del tallo, dado que un tallo más largo siempre puede contener un número mayor de hojas (Hunter, 1980). El rendimiento en hoja se estabiliza una vez que se ha alcanzado el equilibrio en el recambio de tejido en hoja, mientras que el rendimiento de tallo continúa aumentando (Ansah *et al.*, 2010).

La continua acumulación de tallo, sin aumento significativo en el rendimiento de hoja conlleva una disminución progresiva en la proporción de hojas en la pradera. Por ejemplo, durante la época lluviosa, para los 154 días de crecimiento, el rendimiento de hojas implicó sólo 4 de las 23 t ha⁻¹ del rendimiento total, mientras que la acumulación de material muerto alcanzó 3 t ha⁻¹. Con base en lo anterior, el cultivo puede ser utilizado para pastoreo desde el día 42, o bien cosechado antes del día 126 para sistemas de corte y acarreo. Sin embargo, si la cosecha debe diferirse para conservar forraje en pie para la época seca, esto afecta tanto la estructura del dosel como la calidad del forraje (Euclides *et al.*, 2017).

Durante las épocas lluviosa y seca, después de 14 días de rebrote casi nulo, la hoja acumuló 1.9 t ha⁻¹ a los 42 días, pero durante la época seca solo aumentó aproximadamente 1 t ha⁻¹ mes⁻¹ desde el día 42 al 126. La oferta de 4 t ha⁻¹ de hoja verde lograda entre los 126 y 154 días del rebrote, dentro de la estación seca, es ventajosa para la tecnología de bancos de forraje. No obstante, el rendimiento en tallo alcanza 10 t ha⁻¹ a estas edades. Además, en el presente estudio la altura recomendada para pastoreo (Pereira *et al.*, 2000) fue rebasada desde día 70 en dicha época.

6.3. Composición química

6.3.1. Fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas

6.3.1.1. Variaciones entre épocas del año y entre fracciones morfológicas

Los contenidos globales de FDN, FDA y cenizas de cada fracción y época, se presentan en el Cuadro 4. No se presentó interacción entre la época del año y la

fracción morfológica para FDN ($P=0.48$), FDA ($P=0.72$) o para cenizas ($P=0.78$), por lo que solo se discuten los efectos principales. Independientemente de la época, la hoja siempre tuvo un menor contenido de FDN y FDA, así como un mayor contenido de cenizas ($P<0.001$). Independientemente de la fracción morfológica, la época seca registró un mayor contenido de FDA ($P<0.001$), pero igual contenido de FDN ($P=0.08$) y cenizas ($P=0.74$), con respecto a la época lluviosa.

Cuadro 4. Contenido promedio de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas, en la hoja y tallo del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.

Variables	Época	Hoja (g kg ⁻¹)	Tallo (g kg ⁻¹)	Medias por época
<i>FDN</i>				
$R^2= 0.31$	Lluviosa	674.1 ± 14.0 ^{Ba}	721.0 ± 15.3 ^{Aa}	697.5 ± 10.3 ^a
	Seca	689.9 ± 14.0 ^{Ba}	757.4 ± 15.3 ^{Aa}	723.6 ± 10.3 ^a
	Medias por fracción	682.0 ± 9.9 ^B	739.2 ± 10.8 ^A	
<i>FDA</i>				
$R^2= 0.86$	Lluviosa	274.2 ± 7.0 ^{Bb}	374.0 ± 8.4 ^{Ab}	324.2 ± 5.7 ^b
	Seca	351.2 ± 7.6 ^{Ba}	457.2 ± 8.4 ^{Aa}	404.2 ± 5.7 ^a
	Medias por fracción	312.7 ± 5.4 ^B	415.7 ± 5.9 ^A	
<i>Cenizas</i>				
$R^2= 0.47$	Lluviosa	747.0 ± 6.1 ^{Aa}	339.0 ± 6.7 ^{Ba}	543.0 ± 4.5 ^a
	Seca	750.0 ± 6.1 ^{Aa}	378.0 ± 6.7 ^{Ba}	564.0 ± 4.5 ^a
	Medias por fracción	749.0 ± 4.3 ^A	358.0 ± 4.8 ^B	

a,b,c : Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes (Tukey, $P<0.05$).

A,B : Medias en la misma fila con diferente literal son diferentes (Tukey, $P<0.05$), siempre que representen a la misma variable.

EE: Error estándar.

Las diferencias en los contenidos de FDN y FDA encontradas en el presente trabajo entre las fracciones hoja y tallo, coinciden con investigaciones previas (Ansah *et al.*, 2010; Böhnert *et al.*, 1986). En *Andropogon gayanus*, se reportó además una mayor digestibilidad y un mayor contenido de nutrientes para la fracción hoja (Böhnert *et al.*, 1986).

6.3.1.2. Interacción época por edad

Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas del pasto CT115 se muestran en el Cuadro 5, ordenados por época, fracción y edad del rebrote.

En la época lluviosa, el contenido de FDN no difirió entre fracciones morfológicas durante los primeros 98 días de rebrote ($P > 0.05$). Sin embargo, la hoja presentó menor contenido que el tallo a partir de los 126 días de edad ($P < 0.05$). En la época seca el contenido de FDN fue mayor para el tallo que para la hoja en la mayor parte del ciclo de crecimiento ($P < 0.05$), excepto en las edades 70 y 154, en las que el contenido de FDN fue similar entre las dos fracciones morfológicas ($P > 0.05$). Por otro lado, tanto en la época lluviosa como en la época seca el contenido de FDA es menor en la hoja que en el tallo ($P < 0.05$), en todas cada una de las edades de rebrote.

En la presente investigación, de acuerdo con los contenidos de FDN y FDA, se encontró que el rebrote de la época seca presenta una menor calidad nutritiva en comparación con aquel de la época lluviosa. Este resultado ya había sido reportado para el pasto *C. purpureus* (Anindo y Potter, 1994).

Cuadro 5. Variación en el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas en la hoja y tallo del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.

Época	FDN (g kg ⁻¹)		FDA (g kg ⁻¹)		Cenizas (g kg ⁻¹)	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Lluviosa						
14	539 ^c	-	227 ^c	-	123 ^a	-
42	693 ^b	690 ^c	305 ^{Ba}	333 ^{Ac}	60 ^{Bc}	69 ^{Aa}
70	700 ^b	711 ^{bc}	269 ^{Bb}	380 ^{Ab}	63 ^{Ac}	24 ^{Bbc}
98	691 ^b	702 ^c	284 ^{Bab}	410 ^{Aa}	72 ^{Ab}	26 ^{Bbc}
126	733 ^{Ba}	771 ^{Aa}	300 ^{Ba}	384 ^{Ab}	65 ^{Abc}	32 ^{Bb}
154	692 ^{Bb}	733 ^{Ab}	262 ^{Bb}	366 ^{Ab}	67 ^{Abc}	20 ^{Bc}
EE	8.3	8.3	8.2	8.2	2.8	2.8
R ²	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99
Seca						
14	622 ^b	-	328 ^c	-	118 ^a	-
42	630 ^{Bb}	723 ^{Ab}	341 ^{Bbc}	419 ^{Ac}	85 ^{Ab}	70 ^{Ba}
70	748 ^a	751 ^{ab}	393 ^{Ba}	456 ^{Ab}	70 ^{Ac}	49 ^{Bb}
98	737 ^{Ba}	798 ^{Aa}	368 ^{Bab}	487 ^{Aa}	68 ^{Ac}	30 ^{Bc}
126	706 ^{Ba}	760 ^{Aab}	341 ^{Bbc}	464 ^{Aab}	57 ^{Ade}	21 ^{Bd}
154	698 ^{Ba}	756 ^{Aab}	339 ^{Bc}	462 ^{Aab}	53 ^{Ae}	20 ^{Bd}
EE	18	18	9.9	9.9	1.9	1.9
R ²	0.87	0.87	0.96	0.96	0.99	0.99

a,b,c : Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05).

A_B : Medias en la misma fila con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05), siempre que representen a la misma variable.

αβ: Medias asociadas a la interacción época por fracción.

Contenido de hemicelulosa= FDN – FDA, Celulosa= FDA - LDA

EE: Error estándar.

Durante la época lluviosa, la hoja presentó un mayor contenido de ceniza que el tallo a partir de los 70 días, pero no presentó diferencias entre fracciones antes de esta fecha ($P>0.05$). Durante la época seca, el contenido de ceniza fue siempre mayor en la fracción hoja que en el tallo ($P<0.05$).

Cuando se comparó la concentración de cenizas entre fracciones morfológicas, el contenido de ceniza de la hoja fue mayor que aquel registrado para el tallo, desde el día 70 durante la época lluviosa, mientras que para la época seca la hoja presentó siempre un mayor contenido de ceniza. Nuestros resultados con respecto a un mayor contenido de cenizas para la fracción de hoja coinciden con los reportados previamente (Ansah *et al.*, 2010; Rueda *et al.*, 2016). Durante la época lluviosa, el mayor contenido de cenizas encontrado en el tallo antes del día 56 puede estar asociado a la técnica de muestreo, dado que los tallos jóvenes recuperados a inicios del rebrote estaban compuestos por un paquete de vainas foliares, ya que el verdadero culmo aún estaba en una fase incipiente de su desarrollo.

6.3.1.3. Interacción fracción por edad

Durante el crecimiento del pasto, se esperaba que el contenido de fibra aumentara a la par con la edad del rebrote (Rengsirikul *et al.*, 2013). Sin embargo, los máximos valores de FDN y FDA no correspondieron con la última fecha de muestreo, sino que se presentaron durante el transcurso del crecimiento de la planta. Los registros más altos de FDN ocurrieron a los 126 días ($P<0.05$), en la época lluviosa y a los 70 días en la época seca ($P<0.05$). De igual manera, los

máximos registros de FDA ocurrieron entre los 42 y 98 días de edad en la época lluviosa o entre los 70 y 98 días en la época seca ($P < 0.05$). Los resultados mencionados arriba son válidos para ambas fracciones morfológicas.

Tanto en la época lluviosa como en la época seca, los contenidos de FDN y FDA fueron crecientes durante la primera etapa del rebrote. De acuerdo con lo anterior, los menores registros de FDN y FDA coincidieron con los 14 días de edad para la hoja o con 42 días de edad para el tallo ($P < 0.05$). Durante la época lluviosa, los contenidos de FDN y FDA de la hoja disminuyeron entre los 126 y 154 días ($P < 0.05$), mientras que durante la época seca la concentración de FDN y FDA fue similar entre estas edades para la fracción hoja ($P > 0.05$).

Con respecto al tallo, el contenido de FDN disminuyó entre los 126 y 154 días de la época lluviosa ($P < 0.05$), pero en la época seca, la concentración de FDN del tallo permaneció constante desde el día 98. Por otra parte, los registros de FDA de la hoja fueron similares durante la época lluviosa en la edad 126 y 154 ($P > 0.05$). No obstante, el contenido de FDA de la hoja presentó una tendencia decreciente a lo largo de la época seca. Sin embargo, el contenido de FDA en tallo fue constante entre los 126 y 154 días, en ambas épocas.

En la estación seca, se registró un aumento de 100 g kg^{-1} en el contenido de FDN en la fracción hoja entre los 42 y 70 días. El incremento en la concentración de FDN en la hoja, ocurrido durante los primeros meses del rebrote, había sido reportado por un trabajo previo con *C. purpureus* (Pereira *et al.*, 2000) y es consistente con el conocimiento tradicional. No obstante, a partir de esta edad la

concentración de FDA y la edad del rebrote no presentaron una relación directa (Ansah *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2000).

El contenido de cenizas muestra una tendencia decreciente a lo largo del rebrote, tanto en hoja como en tallo, en ambas épocas. En función a lo anterior, los valores máximos coinciden rutinariamente con el primer registro, lo cual corresponde a los 14 días para la hoja y a los 42 días para el tallo ($P < 0.05$). Igualmente, los valores mínimos corresponden con la última edad de rebrote, los 154 días de edad ($P < 0.05$). En contraparte, en la época lluviosa, el contenido de cenizas fue relativamente constante para la fracción hoja a partir del día 42, pero registró un aumento a los 98 días de edad ($P > 0.05$).

La tendencia decreciente en el contenido de cenizas que ocurrió para la fracción tallo en ambas épocas, así como para la fracción hoja durante la época lluviosa, coincide con el resultado reportado en un estudio previo para varios cultivares de *C. purpureus* (Ansah *et al.*, 2010). De acuerdo con la concentración de cenizas registrada en ambas épocas, la concentración de minerales en un culmo bien desarrollado osciló entre 20 y 30 g kg⁻¹, lo que puede notarse en función del contenido de cenizas registrado a partir del día 70 de la época seca o del día 98 de la época lluviosa. Por otra parte, la concentración de minerales osciló de 50 a 120 g kg⁻¹ para la fracción hoja, considerando ambas épocas. No obstante, el contenido de cenizas de la hoja fue relativamente estable durante la época lluviosa, oscilando entre 60 y 70 g kg⁻¹.

6.3.2. Contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA)

6.3.2.1. Variaciones entre épocas del año y entre fracciones morfológicas

Los contenidos globales de hemicelulosa, celulosa y LDA, de cada fracción morfológica y época del año, que se reportaron en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Contenido promedio de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA), en la hoja y tallo del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.

		Hoja (g kg ⁻¹)	Tallo (g kg ⁻¹)	Medias por época
<i>Hemicelulosa</i>				
	Lluviosa	399.9 ± 10.1 ^{Aa}	346.8 ± 11.1 ^{Ba}	373.3 ± 7.5 ^a
R ² = 0.53	Seca	338.7 ± 10.1 ^{Ab}	300.2 ± 11.1 ^{Bb}	319.4 ± 7.5 ^b
	Medias por fracción	369.3 ± 7.2 ^A	323.5 ± 7.8 ^B	
<i>Celulosa</i>				
	Lluviosa	255.2 ± 6.4 ^{Bb}	333.7 ± 7.0 ^{Ab}	294.5 ± 4.8 ^b
R ² = 0.85	Seca	328.7 ± 6.4 ^{Ba}	403.7 ± 7.0 ^{Aa}	366.2 ± 4.8 ^a
	Medias por fracción	292.0 ± 4.5 ^B	368.0 ± 4.98 ^A	
<i>LDA</i>				
	Lluviosa	19.0 ± 3.8 ^{Ba}	40.5 ± 4.1 ^{Ab}	29.7 ± 2.8 ^b
R ² = 0.54	Seca	22.5 ± 3.8 ^{Ba}	53.5 ± 4.1 ^{Aa}	38.0 ± 2.8 ^a
	Medias por fracción	20.7 ± 2.6 ^B	47.0 ± 2.9 ^A	

a,b,c : Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05).

A,B : Medias en la misma fila con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05), siempre que representen a la misma variable.

Contenido de hemicelulosa= FDN – FDA, Celulosa= FDA – LDA

EE: Error estándar.

No se presentó interacción entre la época y la fracción morfológica para hemicelulosa ($P=0.49$), celulosa ($P=0.79$) ni para LDA ($P=0.24$), por lo que solo se discuten los efectos principales. Independientemente de la época, la hoja siempre tuvo un mayor contenido de hemicelulosa y menor contenido de celulosa y LDA ($P<0.0001$). Independientemente de la fracción morfológica, la época seca registró un menor contenido de hemicelulosa ($P<0.0001$), pero mayor contenido de celulosa ($P<0.0001$) y LDA ($P=0.04$), con respecto a la época lluviosa.

6.3.2.2. Interacción época por edad

El contenido de celulosa, hemicelulosa y LDA del pasto CT115 durante época lluviosa o seca a diferentes edades se muestran en el Cuadro 7 entre fracciones morfológicas dentro de cada edad de muestreo.

Tanto en la época lluviosa como en la época seca, la hoja presentó mayor contenido de hemicelulosa y menor contenido de celulosa que el tallo ($P<0.05$), en la mayor parte de las edades de rebrote. Análogamente, la hoja presentó menor contenido de lignina a partir de los 70 días en ambas épocas ($P<0.05$). No obstante, a los 42 días de la época seca, el contenido de hemicelulosa no mostró diferencias entre fracciones morfológicas ($P>0.05$). En ambas épocas, el contenido de LDA fue similar entre la hoja y el tallo hasta los 42 días de rebrote. No obstante, el tallo presentó mayor contenido de LDA a partir del día 70.

6.3.2.3. Interacción fracción por edad

Durante ambas épocas, los valores más altos de hemicelulosa se registraron entre los 70 y 126 días del rebrote ($P<0.05$), tanto en hoja como en tallo.

Cuadro 7. Variación en el contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA) en la hoja y tallo del pasto *Cenchrus purpureus* cv CT115, durante el rebrote de las épocas lluviosa y seca.

Época	Hemicelulosa (g kg ⁻¹)		Celulosa (g kg ⁻¹)		LDA (g kg ⁻¹)	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Lluviosa						
14	312 ^d	-	204 ^d	-	23	-
42	388 ^{Ac}	357 ^{Bb}	285 ^{Ba}	318 ^{Ab}	20	15 ^d
70	431 ^{Aa}	331 ^{Bc}	254 ^{Bbc}	346 ^{Aa}	16 ^B	34 ^{Ac}
98	407 ^{Ab}	292 ^{Bd}	266 ^{Bab}	353 ^{Aa}	18 ^B	57 ^{Aa}
126	433 ^{Aa}	388 ^{Ba}	281 ^{Ba}	340 ^{Aa}	19 ^B	44 ^{Ab}
154	430 ^{Aa}	367 ^{Bb}	243 ^{Bc}	313 ^{Ab}	19 ^B	53 ^{Aab}
EE	6.4	6.4	6.7	6.7	3.2	3.2
R ²	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96
Seca						
14	294 ^b	-	300 ^d		28 ^{ab}	-
42	290 ^b	304	316 ^{Bcd}	399 ^{Abc}	25 ^{abc}	21 ^d
70	356 ^{Aa}	295 ^B	361 ^{Ba}	412 ^{Aab}	32 ^{Ba}	44 ^{Ac}
98	370 ^{Aa}	312 ^B	348 ^{Bab}	424 ^{Aa}	20 ^{Bbcd}	63 ^{Ab}
126	365 ^{Aa}	296 ^B	324 ^{Bc}	398 ^{Abc}	17 ^{Bcd}	66 ^{Aab}
154	359 ^{Aa}	295 ^B	326 ^{Bbc}	388 ^{Ac}	13 ^{Bd}	74 ^{Aa}
EE	10.7	10.7	8.0	8.0	2.9	2.9
R ²	0.92	0.92	0.95	0.95	0.98	0.98

a,b,c : Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05).

A,B : Medias en la misma fila con diferente literal son diferentes (Tukey, P<0.05), siempre que representen a la misma variable.

α,β : Medias asociadas a la interacción época por fracción.

Contenido de hemicelulosa= FDN – FDA, Celulosa= FDA – LDA

EE: Error estándar.

En la época lluviosa, el contenido de hemicelulosa en hoja fue creciente durante los primeros 70 días de rebrote y permaneció relativamente constante entre los 70 y 154 días, a excepción de una reducción registrada en el día 98 ($P < 0.05$). Por el contrario, la concentración de hemicelulosa en tallo fue decreciente hasta el día 98 de la misma época, y aumentó en el día 126 ($P < 0.05$). En la época seca, la hoja mostro un bajo contenido de hemicelulosa hasta el día 42 (menos de 300 g kg^{-1}) y un mayor contenido a partir de dicha edad (mayor a 350 g kg^{-1}) ($P < 0.05$). Sin embargo, el contenido de hemicelulosa en tallo fue constante durante la época seca.

De acuerdo con la literatura, el contenido de celulosa aumenta con la edad (Rengsirikul *et al.*, 2013). Sin embargo, durante la época lluviosa, el contenido de celulosa en hoja presento los máximos registros entre los 42 y 126 días ($P < 0.05$). En ambas épocas, el contenido de celulosa fue creciente durante los primeros días de rebrote. En la época lluviosa el contenido de celulosa se redujo entre los 126 y 154 días para ambas fracciones ($P < 0.05$). No obstante, en la época seca el contenido de celulosa se redujo entre los 98 y 126 días del rebrote ($P < 0.05$).

Durante la época lluviosa, el contenido de lignina detergente ácido (LDA) en hoja fue constante a lo largo del ciclo de crecimiento. Sin embargo, el contenido de lignina en el tallo fue creciente hasta los 98 días, se redujo para el día 126 ($P < 0.05$), y permaneció constante hacia el día 154. En la época seca, el contenido de lignina de la hoja tendió a decrecer a partir de los 70 días, mientras que el contenido de LDA del tallo fue creciente a lo largo del rebrote.

7. CONCLUSIÓN

La altura del pasto CT115 fue monótona creciente durante su desarrollo, mientras que el diámetro del tallo presentó variación en función de la edad. Sin embargo, durante la época lluviosa, a partir de los 42 días, la altura y el diámetro de tallo fueron siempre mayores que aquellos registrados en la época seca, a edades correspondientes.

De acuerdo con el rendimiento de materia seca en hoja, el pasto CT115 debiera idealmente utilizarse a partir 42 días de rebrote durante la época lluviosa y a los 70 días durante la época seca. En estos intervalos de edad, la relación hoja tallo es aún aceptable (alrededor de 1:1); mientras que la calidad nutritiva no se ha reducido significativamente a causa de la lignificación o de la acumulación excesiva de tallo. Por otra parte, en dichos intervalos de edad, la presencia de material muerto es prácticamente nula; lo que implica que la planta no ha alcanzado el punto de equilibrio en el flujo de tejido asociado a la hoja y es por tanto aún juvenil.

Para condiciones comparables a las de este estudio, el aprovechamiento podría diferirse según se requiera, en virtud de que la estrategia de alimentación debe privilegiar la disponibilidad sobre la calidad del forraje. Este enfoque es importante en el manejo de los bancos de forraje de CT115, debido a que representan una alternativa real para los ganaderos de la región, para contar con forraje durante la época seca.

8. LITERATURA CITADA

- Anindo, D.O., Potter, H.L., 1994. Seasonal variation in productivity and nutritive value of napier grass at Muguga, Kenya. *East African Agric. For. J.* 59, 177–185. <https://doi.org/10.1080/00128325.1994.11663194>
- Ansah, T., Osafo, E.L.K., Hansen, H.H., 2010. Herbage yield and chemical composition of four varieties of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass harvested at three different days after planting. *Agric. Biol. J. North Am.* 1, 923–929. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.923.929>
- Bayble, T., Melaku, S., Prasad, N.K., 2007. Effects of cutting dates on nutritive value of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass planted sole and in association with Desmodium (*Desmodium intortum*) or Lablab (*Lablab purpureus*). *Livest. Res. Rural Dev.* 19, 1–11.
- Böhnert, E., Lascano, C., Weniger, J.H., 1986. Botanical and chemical composition of the diet selected by fistulated steers under grazing on improved grass-legume pastures in the tropical savannas of Colombia. 11. Chemical composition of forage available and selected. *J. Anim. Breed. Genet.* 103, 69–79. <https://doi.org/10.1111/j.1339-0388.1985.tb00707.x>
- Böhnert, E., Lascano, C., Weniger, J.H., 1985. Botanical and chemical composition of the diet selected by fistulated steers under grazing on improved grass-legume pastures in the tropical savannas of Colombia: I. Botanical composition of forage available and selected. *J. Anim. Breed. Genet.* 102, 385–394. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1985.tb00707.x>
- Caballero, G.A., Martinez, Z.R., Hernández, C.M., Navarro, B.M., 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes* 39, 94–101. <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>
- Calzada, M.J.M., Enríquez, Q.J.F., Hernández, G.A., Ortega, J.E., Mendoza, P.S., 2014. Growth analysis of maralfalfa grass (*Pennisetum sp*) in a warm

- humid climate. Rev. Mex. Ciencias Pecu. 5, 247–260.
- Chemisquy, M.A., Giussani, M.L., Scataglini, A.M., Kellogg, A.E., Morrone, O., 2010. Phylogenetic studies favour the unification of *Pennisetum*, *Cenchrus* and *Odontelytrum* (Poaceae): A combined nuclear, plastid and morphological analysis, and nomenclatural combinations in *Cenchrus*. Ann. Bot. 106, 107–130. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq090>
- Duru, M., Ducrocq, H., 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. Ann. Bot. 85, 635–643. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1116>
- Euclides, V.P.B., Carpejani, G.C., Montagner, D.B., Nascimento Jr, D., Barbosa, R.A., Difante, G.S., 2017. Maintaining post-grazing sward height of *Panicum maximum* (cv Mombaca) at 50 cm led to higher animal performance compared with post-grazing height of 30 cm. Grass Forage Sci. 1–9. <https://doi.org/10.1111/gfs.12292>
- Fortes, D., Herrera, R.S., Ramírez, A.L., García, M., Cruz, M.A., Romero, A., 2011. Vertical layer distribution of leaves, and stems and dry matter yield of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 after grazing during the dry season. Cuba. J. Agric. Sci. 45, 73–77.
- García, E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen, 5a ed. Instituto de Geografía de la Universidad Autónoma de México, México DF.90
- Hunter, R.B., 1980. Increased leaf area (Source) and yield of maize in short-season areas. Crop Sci. 20, 571. <https://doi.org/10.2135/cropsci1980.0011183x0020000500005x>
- Kubota, F., Matsuda, Y., Agata, W., Nada, K., 1994. The relationship between canopy structure and high productivity in napier grass, *Pennisetum purpureum* Schumach. F. Crop. Res. 38, 105–110. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90004-3)

- Lascano, C., Thomas, D., 1989. Calidad de *Andropogon gayanus* y productividad animal. *Andropogon gayanus* Kunth. Un pasto para los suelos ácidos del trópico. 265-294.
- Lok, S., Fraga, S., Noda, A., 2013. Bancos de biomasa con *Pennisetum purpureum* cv. CT-115. Su efecto en el almacenamiento de carbono en el suelo. *Rev. Cuba. Cienc. Agrícola* 47, 301–304.
- Lounglawan, P., Lounglawan, W., Suksombat, W., 2014. Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*). *APCBEE Procedia* 8, 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.01.075>
- Martinez, R.O., Gonzalez, C., 2017. Evaluation of varieties and hybrids of elephant grass *Pennisetum purpureum* and *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* for forage production. *Rev. Cuba. Cienc. Agrícola* 51, 477–487.
- Martínez, R.O., Herrera, R.S., 2006. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el deficit de alimentos durante la época seca. *Pennisetum purpureum* para la Ganad. Trop. 221–242.
- Martinez, R.O., Herrera, R.S., Monzote, M., Cruz, R., 1986. El cultivo de tejidos y la obtención y selección de mutantes, en: *Los pastos en Cuba*. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Martinez, R.O., Tuero, R., Torres, V., Herrera, R.S., 2010. Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM - 22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Rev. Cuba. Cienc. Agrícola* 44, 189–193.
- Muck, R.E., Shinnars, K.J., 2001. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities, en: *International Grassland Congress*. Piracaiba, Brazil, pp. 1–32.
- Pereira, A.V., Paula, F.R., Passos, L.P., Freitas, V.P., R, V., Barra, R.B., Silva,

- P.E., 2000. Variação da qualidade de folhas em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e híbridos de capim-elefante x milho (*P. purpureum* x *P. glaucum*), em função da idade da planta. *Ciencias e Agrotecnologia* 24, 490–499.
- Pereira, L.E.T., Paiva, A.J., Geremia, E. V, da Silva, S.C., 2013. Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass Forage Sci* 70, 195–204.
- Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Pripanapong, P., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G., Tudsri, S., 2011. Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassl. Sci.* 57, 135–141. <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2011.00220.x>
- Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamanee, G., Tudsri, S., 2013. Biomass yield, chemical composition and potential ethanol yields of 8 cultivars of Napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) Harvested 3-Monthly in Central Thailand. *J. Sustain. Bioenergy Syst.* 03, 107–112. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2013.32015>
- Roberson, J.B., Van Soest, P.J., 1981. The detergent system of analysis, en: James, W.P.T., Theander, O. (Eds.), *The Analysis of Dietary Fiber in Foods*. Marcel Dekker, New York, NY, pp. 123–158.
- Rueda, J.A., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J.F., Palacios-Torres, R.E., Ramírez-Ordoñez, S., Ramírez-Orodoñez, S., Ortega, J.E., Enríquez, Q.J.F., Palacios, T.R.E., Ramírez, O.S., 2018. Tiller population dynamics in eight cultivars of elephant grass during undisturbed growth. *African J. Range Forage Sci.* 35, 109–119. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1477832>
- Rueda, J.A., Ortega, J.E., Hernández, G.A., Enríquez, Q.J.F., Guerrero, R.J.D.,

- Quero, C.A.R., Ortega-Jiménez, E., Hernández-Garay, A., Enríquez-Quiroz, J.F., Guerrero-Rodríguez, J.D., Quero-Carrillo, 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. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.007>
- Singh, B.P., Singh, H.P., Obeng, E., 2013. Elephantgrass, en: Singh, B.P. (Ed.), *Biofuel Crops: Production, Physiology and Genetics*. CAB International, Georgia USA, pp. 270–290.
- Valenciaga, D., Chongo, B., La, O.O., 2001. Caracterización del clon Pennisetum Cuba CT-115: composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca. *Rev. Cuba. Cienc. Agrícola* 35, 349–354.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Voltolini, T.V., Santos, F.A.P., Martinez, J.C., Imaizumi, H., Clarindo, R.L., Penati, M.A., 2010. Produção e composição do leite de vacas mantidas em pastagens de capim-elefante submetidas a duas frequências de pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 121–127. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100016>
- Williams, M.J., Hanna, W.W., 1995. Performance and nutritive quality of dwarf and semi-dwarf elephantgrass genotypes in the south-eastern USA. *Trop. Grasslands*.29, 122-127.
- Woodard, K.R., Prine, G.M., Bachrein, S., 1993. Solar Energy Recovery by Elephantgrass, Energycane, and Elephantmillet Canopies. *Crop Sci.* 33, 824–830. <https://doi.org/10.2135/cropsci1993.0011183x003300040039x>
- Woodard, K.R., Prine, G.M., Bates, D.B., 1991. Silage characteristics of elephantgrass as Affected by Harvest Frequency and Genotype. *Agron. J.*

83, 541–547. <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300030006x>

Zailan, M., Yaakub, H., Jusoh, S., 2016. Yield and nutritive value of four Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars at different harvesting ages. *Agric. Biol. J. North Am.* 7, 213–219. <https://doi.org/10.5251/abjna.2016.7.5.213.219>

Zanine, A.M., Vieira, B.R., 2006. Fluxo de tecidos em gramínias. *Rev. Científica Eletrônica Agron.* 9, 1–15.