

Morfogénesis de *Echinochloa polystachya* en respuesta a la época del año, aplicación de nitrógeno y altura de corte

Morphogenesis of *Echinochloa polystachya* in response to the season of the year, nitrogen application and cutting height

Morfogênese de *Echinochloa polystachya* em resposta à época do ano, aplicação de nitrogênio e altura de corte

Ali Perozo Bravo^{1*}, Rosa Razz García², Diego Contreras Peña³, Tyrone Clavero Cepeda², Jorge Ortega Alcalá⁴ y Ciolys Colmenares de Ortega⁴

¹Estudiante del Doctorado en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Apartado 15205. Maracaibo, 4005, Zulia. Correo electrónico: aliperozo@gmail.com. ²Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Apdo. 15098. Maracaibo 4005. Venezuela. Correo electrónico: rrazz@fa.luz.edu.ve y tclavero@hotmail.com

³Ingeniero Agrónomo. *Magister Scientiarum* en Gerencia de Agrosistemas. Estado Zulia. Correo electrónico: diegocontreras2007@gmail.com

⁴Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Apartado 15205. Maracaibo, 4005, Zulia. Correo electrónico: jortegaa@gmail.com y ciolysc@fa.luz.edu.ve

Resumen

Los estudios basados en los procesos de crecimiento y desarrollo de las gramíneas forrajeras son de vital importancia en el manejo de la defoliación. Se evaluó el efecto de la época del año (seca, intermedia y de lluvias), aplicación de nitrógeno (75, 150 y 225 kg N.ha⁻¹.año⁻¹) y altura de corte (20 y 40 cm) sobre la morfogénesis del pasto alemán (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc). El ensayo se llevó a cabo en el municipio Mara, Estado Zulia, Venezuela. Se utilizó una serie doble experimentos en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Se evaluaron la tasa de alargamiento foliar (TALF), tasa de senescencia foliar (TSeF), tasa de aparición foliar (TApF), tasa de alargamiento

Recibido el 27-09-19 • Aceptado el 16-03-20

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: aliperozo@gmail.com

del tallo (TAIT) y duración de vida de la hoja (DVH). Las mayores TAIT y TSeF se registraron en la época de lluvias ($P < 0,05$), mientras que con aplicaciones superiores a los 150 kg N.ha⁻¹.año⁻¹ fueron obtenidos los mayores valores de TAIT y TAlF. La TSeF fue superior ($P < 0,05$) a una altura de defoliación de 20 cm. TApF y DVH no fueron afectadas ($P > 0,05$) por los factores de estudio. En *E. polystachya* es contraproducente realizar defoliaciones intensas durante la época de lluvias, cuando el manejo del pasto se realiza bajo inundación, debido al incremento de la tasa de senescencia foliar. Se encontró que en la época de lluvias la menor radiación solar favorece una mayor tasa de alargamiento de los tallos. Las tasas de alargamiento foliar y de tallos responden positivamente a la fertilización nitrogenada.

Palabras clave: pastura, crecimiento, fertilización, defoliación, macollo

Abstract

Studies based on growth and development of forage species are highly important to understand and manage defoliation. The objective of this study was to evaluate the effect of the season (dry, middle and rainy), nitrogen application (75, 150 and 225 kg N.ha⁻¹.year⁻¹) and cutting height (20 and 40 cm) above morphogenesis of the aleman grass (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc). The investigation was carried out in the municipal Mara, Zulia State, Venezuela. A double series of experiments was used in a design of a randomized complete block with 3 replications. The evaluated variables were leaf elongation rate (LEIR), leaf senescence rate (LSeR), leaf appearance rate (LApR), stem elongation rate (SEIR) and leaf life (LL). The results showed the highest LEIR and LSeR was recorded during rainy season ($P < 0.05$), while with applications higher than 150 kg N.ha⁻¹. year⁻¹ the highest values of SEIR and LEIR. The TSeF was higher ($P < 0.05$) at a defoliation height of 20 cm. LApR and LL were not affected ($P > 0.05$) by the study factors. It is counterproductive to carry out intense defoliations in *E. polystachya* during the rainy season, in areas with poor drainage, due to the increase of foliar senescence rate. In rainy season, the lower solar radiation favors a higher rate of stems elongation. Leaf and stem elongation rates respond positively to nitrogen fertilization.

Key words: pasture, growth, fertilization, defoliation, tiller

Resumo

Estudos baseados nos processos de crescimento e desenvolvimento de gramíneas forrageiras são de vital importância no manejo da desfolhamento. O efeito da época do ano (seca, intermediária e chuvosa), aplicação de nitrogênio (75, 150 e 225 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹) e altura de corte (20 e 40 cm) sobre a morfogênese da grama alemã (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc). O julgamento foi realizado no município de Mara, Estado de Zulia, Venezuela. O Uma série dupla de experimentos foi utilizada em um delineamento de blocos completamente

casualizados, com três repetições. Foram avaliadas a taxa de alongamento foliar (TA1F), taxa de senescência foliar (TSeF), taxa de aparência foliar (TApF), taxa de alongamento do caule (TA1T) e duração da folha (DVH). As maiores TAIT e TSeF foram registradas na estação chuvosa ($P < 0,05$), enquanto nas aplicações superiores a 150 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹ foram obtidos os maiores valores de TA1T e TA1F. A TSeF foi maior ($P < 0,05$) a uma altura de desfolhagem de 20 cm. TApF e DVH não foram afetados ($P > 0,05$) pelos fatores do estudo. Em *E. polystachya* é contraproducente realizar desfolhamento intenso durante a estação chuvosa, quando o manejo de pastagens é realizado sob inundação, devido ao aumento da taxa de senescência foliar. Verificou-se que na estação chuvosa, menos radiação solar favorece uma maior taxa de alongamento do caule. As taxas de alongamento de folhas e caules respondem positivamente à fertilização nitrogenada.

Palavras-chave: pastagem, crescimento, adubação, desfolhamento, cacho.

Introducción

Dentro de las especies que se adaptan a las condiciones edafoclimáticas de la Cuenca del Lago de Maracaibo, se encuentra el pasto alemán (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc), el cual es una gramínea C4 (Piedade *et al.*, 1997), originaria de América Central, de crecimiento cespitoso, perenne, porte alto y de gran producción de materia seca, que puede ser aprovechada en pastoreo o en corte mecánico.

E. polystachya es una gramínea robusta con tallos erectos cuando son jóvenes y decumbentes cuando son adultos. Es semi-acuática, ampliamente distribuida en planicies inundables cerca de ríos y caños. El ciclo de vida de la planta se encuentra fuertemente relacionado al ciclo hidrológico (Lopes y Piedade, 2009). Crece especialmente en lugares húmedos y se le cultiva ampliamente en América del sur.

Alteraciones en las características morfogénicas de la planta determinan modificaciones en la estructura

Introduction

Within the species that adapt to edaphoclimatic conditions of Cuenca del Lago de Maracaibo, the aleman grass (*Echinochloa apolystachya* (Kunth) Hitchc) is found, which is a graminea C4 (Piedade *et al.*, 1997) original from Central America, of tussock growth, perennial, tall portorage and of large production of dry material, that can be used in pasturage or in mechanical cutting.

E. polystachya, is a robust graminea with erect stems when they are young, and decumbent when they are adults. It is semi-aquatic, widely distributed in floodplains near rivers and ravines. The life cycle of the plant is strongly related to the hydrological cycle (Lopes and Piedade, 2009). It grows especially in humid places and it is widely cultivated in South America.

Alterations in the morphogenic characteristics of the plant determine modifications in the grass structure, since the aerial organs part of the plant is arranged in time and space

del pasto, ya que varía la forma en que los órganos de la parte aérea de la planta son arreglados en el tiempo y el espacio, esto trae como consecuencia un cambio en el microclima (ventilación, temperatura, humedad, luminosidad) en el cual las plantas se desarrollan, lo cual genera nuevos cambios en el patrón morfogénico de las plantas. Todos esos procesos caracterizan una compleja e interdependiente naturaleza de la dinámica de poblaciones de plantas y flujo de tejidos en el ecosistema pastizal (Santos *et al.*, 2012).

Nuevos enfoques han dado paso a los estudios de ecofisiología en el área de morfogénesis, que según Nabinger y Carvalho (2009) permiten conocer el origen de los procesos, insertados en leyes mayores de funcionamiento del ecosistema, de forma que los resultados sean reproducibles en cualquier otra condición que no sean aquellas en las cuales fueron generados. El objetivo general de esta investigación fue evaluar la morfogénesis de *E. polystachya* por efecto de la época del año, aplicación de nitrógeno y altura de corte.

Materiales y métodos

Ubicación del Área Experimental

El experimento se llevó a cabo en la Estación Local Carrasquero del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicada en el km 16 vía Carbones del Guasare, Sector Playa Bonita, municipio Mara del estado Zulia, Venezuela, Coordenadas UTM 18P 814440 1213760, a una altura sobre el nivel del mar de 16 m.

varies, this brings as a consequence a change in the microclimate (ventilation, temperature, moisture, luminosity), that produce new changes in the morphogenic pattern of plants. All those processes characterize a complex and interdependent nature of the dynamic of plant populations and the tissue flows in the ecosystem pastureland (Santos *et al.*, 2012).

New approaches have given way to the studies of ecophysiology in the morphogenesis area, that according to Nabinger and Carvalho (2009) allow to know the origin of the processes, inserted into major laws of ecosystem functioning, in the way that the results could be reproducible in any other condition than those in which they were generated. The general objective of this research was to evaluate the morphogenesis of (*E. polystachya*) by effect of the season, nitrogen application, and cutting height.

Materials and methods

Location of the experimental area

The experiment was carried out in the Estación Local Carrasquero del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), located in km 16 road Carbones del Guasare, Playa Bonita zone, Mara municipality of Zulia state, Venezuela, coordinates UTM 18P 814440 1213760, at a height above sea level of 16 m.

Management of the experimental area

The forage specie studied was the aleman grass (*Echinochloa polystachya*) (Kunth) Hitchc). During

Manejo del Área Experimental

La especie forrajera estudiada fue el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) (Kunth) Hitchc). Durante el ensayo esta especie fue regada después de la defoliación por gravedad mediante la inundación de cajones hasta alcanzar una lámina superficial de ± 10 cm.

Se llevó a cabo un control mecánico y químico de malezas durante la fase pre-experimental. El control mecánico se realizó con una rotativa de levante hidráulico. Una semana después se realizó el control químico de las malezas de hoja ancha (*Helliotropium indicum* L., *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd., *Pothomorphe peltata* (L.) Miq. y *Priva lappulacea* (L.) Pers.) y las ciperáceas (*Scirpoides holoschoenus* (L.) Soják, *Cyperus diffusus* Vahl. y *Cyperus ferax* (L.) Rich.), con una mezcla de 2 L de 2,4-D Amina y 266 cm³ de Picloram y 6,67 g de Metsulfuronmetil diluidos en 200 L de agua. Las malezas de hoja angosta *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Eleusine indica* (L.) Gaertn. y *Paspalum conjugatum* Berg., fueron controladas manualmente.

A los 8 días de rebrote se presentó un ataque de saltamontes de la familia *Acrididae* el cual se controló con Clorpirifos a razón de 2 L diluidos en 200 L de agua. Mientras que, en la época intermedia, a los 24 días de rebrote se presentó un ataque de hongos del género *Helminthosporium* spp. a nivel del follaje. El ataque fue leve y no justificó la aplicación de fungicidas. En la época de lluvias, a los 24 días de rebrote se presentó un ataque de gusanos medidores (*Mocis repanda*), el cual fue controlado

the rehearsal, this specie was watered after defoliation by gravity through the drawer flood until reach a superficial sheet of ± 10 cm.

A mechanical and chemical control of weeds was carried out during the pre-experimental phase. The mechanical control was realized with a hydraulic lift rotary. One week later, the chemical control of broadleaf weeds was made (*Helliotropium indicum* L., *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd., *Pothomorphe peltata* (L.) Miq. and *Priva lappulacea* (L.) Pers.) and ciperaceas (*Scirpoides holoschoenu* (L.) Soják, *Cyperus diffusus* Vahl. and *Cyperusferax* (L.) Rich.), with a mixture of 2 L from 2,4-D Amine and 266 cm³ of Picloram and 6.67 g of Metsulfuronmethyl diluted in 200 L of water. The narrow leaf weeds *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Eleusine indica* (L.) Gaertn. and *Paspalum conjugatum* Berg., were manually controlled.

At 8 days of regrowth, a grasshopper attack of *Acrididae* family occurred, which was controlled with Chlorpyrifos at the rate of 2 L diluted in 200 L of water. While in the intermediate time, at 24 days of regrowth a fungus attack of *Helminthosporium* spp. gender occurred at the foliage level. The attack was mild and it did not justify the application of fungicides. In the rainy season, at the 24 days of regrowth, a measuring worms (*Mocis repanda*) attack occurred, which was controlled with a mixture of 1 L of Lambda-cyhalothrin and 2 L of Methomyl, diluted in 200 L of water.

con una mezcla de 1 L de Lambda-cihalotrina y 2 L de Metomilo, diluidos en 200 L de agua.

Diseño Experimental y Factores de Estudio

Se utilizó una serie doble de experimentos en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. El factor que determinó la primera serie de experimentos fue la época del año (aleatorio). Durante el año se establecieron tres períodos de 64 días, definidos como época seca (febrero-abril), época intermedia (junio-agosto) y época de lluvias (octubre-diciembre).

Con la finalidad de caracterizar cada época del año, se instaló dentro del área experimental una estación climática WeatherAmbient®; Modelo WS1090, que midió cada 30 minutos la temperatura (°C) y las precipitaciones (mm) (figura 1 y 2).

El factor que determinó la segunda serie de experimentos fue la aplicación de nitrógeno (fijo). Se evaluó la aplicación de nitrógeno 75, 150 y 225 kg.ha⁻¹.año⁻¹, distribuidos aleatoriamente en tres cajones de riego. En cada cajón se determinó el aporte de N del suelo mediante el valor de materia orgánica (%), profundidad radicular (cm) y densidad aparente (g.cm⁻³) estimada en función de la textura (Rawls *et al.*, 1982).

Una vez conocido el aporte de N del suelo se determinó el déficit en función de la aplicación asignada a cada cajón. El N deficitario fue aportado de manera fraccionada en tres aplicaciones por época del año mediante el uso de urea (46 % N) (cuadro 1). No se realizó drenaje de los cajones en ninguna época del año, debido a las potenciales pérdidas de N

Experimental design and study factors

A double series of experiments in a design of completely random blocks with three repetitions was used. The factor that determined the first serie of experiments was the season (aleatory). Three periods of 64 days were established during the year, defined as dry season (February-April), intermediate season (June-August) and rainy season (October-December).

In order to characterize each season of the year, a WeatherAmbient® weather station, Model WS1090, that measured the temperature (°C) every 30 minutes and the rainfalls (mm) (figure 1 and 2) was installed inside the experimental area.

The factor that determined the second serie of experiments was the application of nitrogen (fixed). The application of nitrogen 75, 150 and 225 kg.ha⁻¹.year⁻¹ was evaluated, randomly distributed in three irrigation drawers. In each drawer the contribution of N from the soil, was determined through the value of organic material (%), root depth (cm) and apparent density (g.cm⁻³)

estimated, based on the texture (Rawls *et al.*, 1982).

Once the contribution of N from the soil was known, the deficit depending on the assigned application to each drawer was determined. The deficit N was provided by a fractional way in three applications per time of year through the use of urea (46 % N) (table 1). Draining of the drawers was not carried out at any season, due to the potential losses of N by leaching.

por lixiviación. Asimismo, se consideró que el N residual representa alrededor de la cuarta parte del N aplicado, encontrándose principalmente en los primeros 20 cm del suelo (Carrillo *et al.*, 1992).

Likewise, was considered that the residual N represents a quarter of the N applied, mainly found in the first 20 cm of soil (Carrillo *et al.*, 1992).

Inside of each drawer, three random blocks of 14 m long per 10

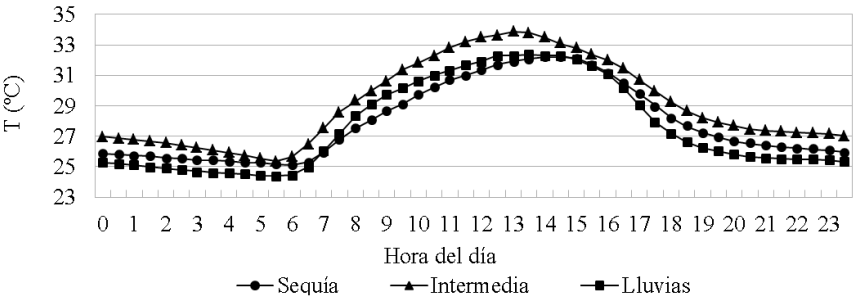


Figura 1. Dinámica de la temperatura (T) a lo largo del día durante las épocas de sequía, intermedia y de lluvias.

Figure 1. Temperature dynamic (T) throughout the day during dry, middle and rainy season.

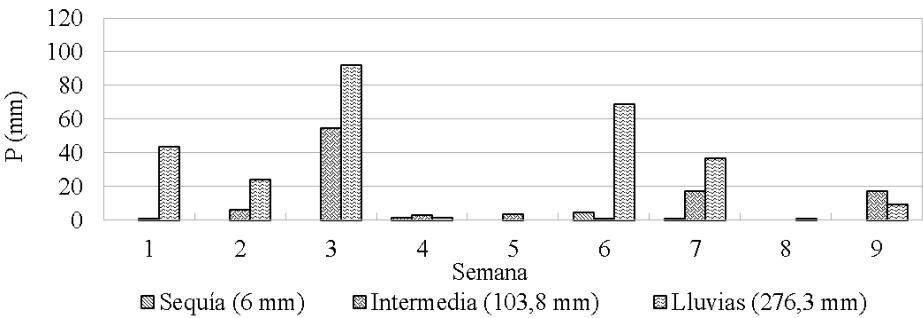


Figura 2. Dinámica de las precipitaciones (P) durante las épocas de sequía, intermedia y de lluvias.

Figure 2. Rainfall dynamic (P) during dry, middle and rainy season.

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos del suelo para la determinación del aporte de nitrógeno del suelo y determinación del requerimiento de urea (46 % N) para evaluar los niveles de aplicación de nitrógeno.

Table 1. Physicochemical parameters for the determination of nitrogen contribution of the soil and the determination of urea requirement (46 % N) to evaluate the levels of nitrogen application.

Cajón	Dn	Sup.	Prof.	MO	Da	Aporte	Déficit	FF	Urea
1	225	803,6	30	0,97	1,5	32,73	192,27	64,09	11,2
2	75	880,2	30	1,39	1,45	45,34	29,66	9,88	1,9
3	150	844	30	1,35	1,45	44,04	105,9	35,32	6,5

Dn: disponibilidad de nitrógeno (kg.ha⁻¹.año⁻¹); Sup.: superficie (m²); Prof.: profundidad radicular (cm); MO: materia orgánica (%); Da: densidad aparente (g.cm⁻³); Aporte: aporte de nitrógeno del suelo (kg.ha⁻¹), se asumió que la MO posee un 5 % de nitrógeno, el cual se mineraliza a razón de 1,5 % anual; Déficit: déficit de nitrógeno del suelo(kg.ha⁻¹) en función de la dosis de nitrógeno evaluada; FF: fertilización fraccionada por época del año (kg.ha⁻¹); Urea: aporte del déficit de nitrógeno mediante el empleo de urea (46 % N) en cada dosis de nitrógeno evaluada en cada cajón de riego.

Dn: Nitrogen availability (kg.ha⁻¹.year⁻¹); Sup.: Surface (m²); Prof.: Root depth (cm); MO: organic material (%); Da: Apparent density (g.cm⁻³); Approach: Contribution of nitrogen from the soil (kg. ha⁻¹), was assumed that the MO has 5 % of nitrogen, which is mineralized at a rate of 1.5 % per year; Deficit: Soil nitrogen deficit (kg.ha⁻¹) according to the nitrogen dose evaluated; FF: Fractional fertilization by season (kg.ha⁻¹); Urea: Contribution of nitrogen deficit through the use of urea (46 % N) in each nitrogen dose evaluated, in each irrigation drawer.

Dentro de cada cajón se delimitaron tres bloques al azar de 14 m de largo por 10 m de ancho, dentro del cual se conformaron 2 parcelas de 10 m de largo por 7 m de ancho (unidad experimental) a las cuales se les asignó de manera aleatoria el factor de estudio altura de corte (Ac) a 20 y 40 cm. La altura de corte se determinó midiendo con una barra graduada en cm la altura en 3 puntos del dosel en cada unidad experimental, de manera vertical desde la base de la planta (suelo) hasta la altura de corte a evaluar.

m wide were delimited, within which two plots of 10 m long per 7 m wide (experimental unit) were formed, to which, were assigned by a randomly way the cutting height study factor (Ac) to 20 and 40 cm. The cutting height was determined, measuring with a graduated bar in cm the height in 3 points of the dossal in each experimental unit, vertically from the base of the plant (soil) to the cutting height to evaluate.

Morphogenic variables evaluated

Variables Morfológicas Evaluadas

Tasa de alargamiento foliar (TAIF; cm.macollo⁻¹.d⁻¹)

Se calculó mediante la diferencia entre las longitudes de las láminas foliares final (LLF_f) e inicial (LLF_i) de las hojas en expansión, dividida por el número de días entre las medidas (ND).

$$TAIF = (LLF_f - LLF_i) / ND$$

Tasa de senescencia foliar (TSeF; cm.macollo⁻¹.d⁻¹)

Se obtuvo mediante la diferencia entre las longitudes de las láminas foliares inicial (LLF_i) y final (LLF_f) de las hojas en proceso de senescencia, dividida por el número de días entre las medidas (ND).

$$TSeF = (LLF_i - LLF_f) / ND$$

Tasa de aparición foliar (TApF; hojas.macollo⁻¹.d⁻¹)

Se obtuvo por la diferencia entre el número total de hojas al final (NH_f) menos el número inicial de hojas (NH_i) en cada intervalo de evaluación, dividido entre el número de días entre las medidas (ND).

$$TApF = (NH_f - NH_i) / ND$$

Tasa de alargamiento del tallo (TAIT; cm.macollo⁻¹.d⁻¹)

Esta variable fue obtenida por la diferencia entre la longitud final (LT_f) y la longitud inicial (LT_i) del tallo, dividido entre el número de días entre las medidas (ND).

$$TAIT = (LT_f - LT_i) / ND$$

Duración de vida de la hoja (DVH; d)

Esta variable fue estimada al relacionar el número de hojas vivas (NHV) con el inverso de la TApF (Lemaire y Chapman, 1996).

$$DVH = NHV / (1 / TApF)$$

Las variables respuesta fueron

Leaf elongation rate (TAIF; cm.tiller⁻¹.d⁻¹)

It was calculated through the difference between the lengths of the final (LLF_f) and the initial (LLF_i) leaf blades of sheets in expansion, divided by the number of the days between the measurements (ND).

$$TAIF = (LLF_f - LLF_i) / ND$$

Leaf senescence rate (TSeF; cm.tiller⁻¹.d⁻¹)

It was obtained through the difference between the lengths of the initial (LLF_i) and the final (LLF_f) leaf blades of the leaves in process of senescence, divided by the number of days between the measurements (ND).

$$TSeF = (LLF_i - LLF_f) / ND$$

Leaf appearance rate (TApF; leaves.tiller⁻¹.d⁻¹)

It was obtained by the difference between the total number of leaves at the end (NH_f) minus the initial number of leaves (NH_i) in each evaluation interval, divided between the number of the days among the measurements (ND).

$$TApF = (NH_f - NH_i) / ND$$

Stem elongation rate (TAIT; cm.tiller⁻¹.d⁻¹)

This variable was obtained by the difference between the final length (LT_f) and the initial length (LT_i) of the stem, divided between the number of the days among the measurements (ND).

$$TAIT = (LT_f - LT_i) / ND$$

Leaf life (DVH; d)

This variable was estimated by relating the number of live leaves (NHV) with the inverse of the TApF (Lemaire and Chapman, 1996).

medidas a intervalos de 4 d desde el momento que se realizó el corte de uniformidad hasta que el pasto alcanzó la máxima intercepción luminosa (IL). La IL se determinó a intervalos de 8 d, mediante la medición de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) interceptada por el dosel, se midió mediante tres lecturas en la parte superior del dosel y tres lecturas en la base de la planta (suelo) en cada unidad experimental. Las lecturas fueron efectuadas con una barra de luz quantum con 6 sensores 3668i conectada a un medidor digital (Spectrum Technologies, Inc.; Modelo 3415FX). Las lecturas de IL se realizaron durante todo el periodo de evaluación, en el intervalo entre las 11:00 a.m. y 01:00 p.m., a plena exposición solar.

Se marcaron con cintas de diferentes colores 2 macollos aéreos (originados de yemas laterales, localizadas sobre las vainas de las hojas de un macollo basal principal) y 2 macollos basales (originados de yemas basales, localizadas próximas al nivel de la superficie del suelo), los cuales sirvieron como referencia para el cálculo ponderado de las variables morfogénicas en función de la edad de rebrote y la población de macollos aéreos y basales presentes en cada unidad experimental. Las longitudes fueron medidas con una cinta métrica digital (eTape^{16®}).

Análisis estadístico

Una vez construida la data se procesó con el Sistema de Análisis Estadístico SAS (SAS, 2000), aplicando el Modelo Lineal General (GLM) y empleando el análisis de

$$\text{DVH} = \text{NHV} / (1 / \text{TApF})$$

The response variable was measured at intervals of 4 d from the moment that uniformity cut was realized, until the grass reached the maximum light interception (IL). The IL was determined at intervals of 8 d, through the measurement of photosynthetically active radiation (RFA) ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) intercepted by the dossal, was measured by three readings at the top of the dossal and three readings at the base of the plant (soil) in each experimental unit. The readings were made with a bar of quantum light with 6 sensors 3668i connected to a digital meter (Spectrum Technologies, Inc.; Model 3415FX). The readings of IL were carried out during the evaluation period, in the interval between 11:00 a.m. and 01:00 p.m., at full sun exposure.

Two aerial tillers were marked with ribbons of different colors (originated by lateral buds, located on the leaf sheaths of a main basal tiller and 2 basal tillers (originated by the basal buds, located close to the soil surface), which served as a reference for the weighted calculation of morphogenic variables according to the regrowth age, the population of aerial and basal tillers present in each experimental unit. The lengths were measured with a digital tape measure (eTape^{16®}).

Statistical analysis

Once the data is built, it was processed with the Statistical Analysis System SAS (SAS, 2000), applying the General Linear Model (GLM) and using the variance analysis (ANOVA). When the ANOVA found a significant effect of the simple

varianza (ANOVA). Cuando el ANOVA encontró efecto significativo de los efectos simples y las interacciones, se realizó una prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0,05. Las relaciones entre las variables morfogénicas fueron establecidas mediante un análisis de correlación lineal simple de Pearson con un nivel de significancia de 0,05, aplicando el procedimiento PROC CORR del paquete estadístico SAS.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + B(E)_{j(i)} + D_k + ED_{ik} + B(ED)_{j(ik)} + A_i + EA_{il} + DA_{kl} + EDA_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor de la variable respuesta de la unidad experimental asociada a la i -ésima época del año, en el j -ésimo bloque, k -ésima aplicación de nitrógeno y l -ésima altura de corte;

μ = Promedio general de todas las observaciones (media);

E_i = Efecto de la i -ésima época del año;
 $i = 1, 2, \dots, e = 3$;

$B(E)_{j(i)}$ = Efecto del j -ésimo bloque dentro de la i -ésima época del año, usado como término de error para probar el efecto de la época del año;

$j = 1, 2, \dots, b = 3$;

D_k = Efecto de la k -ésima aplicación de nitrógeno;

$k = 1, 2, \dots, d = 3$;

ED_{ik} = Efecto de la interacción de la i -ésima época del año y la k -ésima aplicación de nitrógeno;

$B(ED)_{j(ik)}$ = Efecto del j -ésimo bloque dentro de la i -ésima época del año y k -ésima aplicación de nitrógeno, usado como término de error para probar el efecto de la aplicación de

effects and interactions, the Tukey's mean test was realized with a level of significance of 0.05, the relationships between the morphogenic variables were established applying the process PROC CORR of the statistical package SAS.

For the statistical analysis of data, the next model was used:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + B(E)_{j(i)} + D_k + ED_{ik} + B(ED)_{j(ik)} + A_i + EA_{il} + DA_{kl} + EDA_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$$

Where:

Y_{ijkl} = Value of the response variable of the experimental unit associated to the i^{th} season, at the j^{th} block, k^{th} application of nitrogen and l^{th} cutting height

μ = General average of all the observations (mean);

E_i = Effect of the i^{th} season;

$i = 1, 2, \dots, e = 3$;

$B(E)_{j(i)}$ = Effect of the j^{th} block inside of the i^{th} season, used it as an error term to prove the effect of the season;

$j = 1, 2, \dots, b = 3$;

D_k = Effect of the k^{th} nitrogen application;

$k = 1, 2, \dots, d = 3$;

ED_{ik} = Effect of the interaction of the i^{th} season and the k^{th} nitrogen application;

$B(ED)_{j(ik)}$ = Effect of the j^{th} block inside of i^{th} season and the k^{th} nitrogen application, used as an error term to prove the effect of nitrogen application and the season interaction and the nitrogen application;

A_l = Effect of the l^{th} cutting height;

$l = 1, 2, \dots, a = 2$;

EA_{il} = Interaction effect of the i^{th} season and the l^{th} cutting height;

DA_{kl} = Interaction effect of the k^{th} nitrogen application and the l^{th} cutting height;

nitrógeno y la interacción de la época del año y aplicación de nitrógeno;

A_l = Efecto de la l -ésima altura de corte;

$l = 1, 2, \dots, \alpha = 2$;

EA_{il} = Efecto de la interacción de la i -ésima época del año y la l -ésima altura de corte;

DA_{kl} = Efecto de la interacción de la k -ésima aplicación de nitrógeno y l -ésima altura de corte;

EDA_{ikl} = Efecto de la interacción de la i -ésima época del año, k -ésima aplicación de nitrógeno y l -ésima altura de corte;

ε_{ijkl} = Efecto del error experimental asociado a la unidad experimental de la i -ésima época del año, en el j -ésimo bloque, k -ésima aplicación de nitrógeno y l -ésima altura de corte. En donde el EE_{ijkl} son normales, independientes e idénticamente distribuidos ($EE_{ijkl} \sim NII(0, \sigma^2)$).

Resultados y discusión

Tasa de alargamiento foliar (TAIF). El análisis de varianza (ANOVA) solo mostró efectos significativos ($P=0,0164$) de la aplicación de nitrógeno (Dn) sobre la TAIF. La prueba de medias indicó que la Dn150 y Dn225 no presentaron diferencias estadísticas, pero ambas registraron una mayor ($P<0,05$) TAIF respecto a la Dn75 (figura 3).

Los pastos que crecen en condiciones limitantes de N, generalmente alcanzan menor expansión foliar y crecimiento aéreo, en comparación a los pastos fertilizados (Alsina, 2016). Respuestas similares fueron reportadas en otras especies, como *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza y *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, donde se obtuvieron mayores TAIF

EDA_{ikl} = Interaction effect of the i^{th} season, k^{th} nitrogen application and the l^{th} cutting height;

ε_{ijkl} = Effect of the experimental error associated to the experimental unit of the i^{th} season, in the j^{th} block, k^{th} nitrogen application and the l^{th} cutting height. Where the EE_{ijkl} are normal, independent and identically distributed ($EE_{ijkl} \sim NII(0, \sigma^2)$).

Results and discussion

Leaf elongation rate (TAIF). The variance analysis (ANOVA) only showed significant effects ($P=0.0164$) of nitrogen application (Dn) on the TAIF. The mean test indicated that the Dn150 and Dn225 did not present statistical differences, but both registered a higher ($P<0.05$) TAIF regarding to the Dn75 (figure 3).

The pastures that grow in limited conditions of N, they generally reach less leaf expansion and air growth, in comparison to the fertilized pasture (Alsina, 2016). Similar answers were reported in other species, like, *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza and *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, were higher TAIFa were obtained as the dose of N was increased (Neto *et al.*, 2002; Martuscello *et al.*, 2005; Martuscello *et al.*, 2006; Martuscello *et al.*, 2015).

It is important to stand out that the inexistence of statistical differences between the Dn of 150 and 225 kg.ha⁻¹, could be due to the losses of N by volatilization under the irrigation system by flood applied in *E. polystachya*. The irrigation and the rain directly affect the soil drainage, and accordingly the washing of N. Quílez *et al.*, (2006) mentioned that the washing of N, is

a medida que se incrementó la dosis de N (Neto *et al.*, 2002; Martuscello *et al.*, 2005; Martuscello *et al.*, 2006; Martuscello *et al.*, 2015).

Es importante destacar que la inexistencia

the most important way by which this nutrient is exported to the surface and ground water. The higher losses of N, occur when there is a high concentration of nitrates in the soil and a high downward movement of water in the

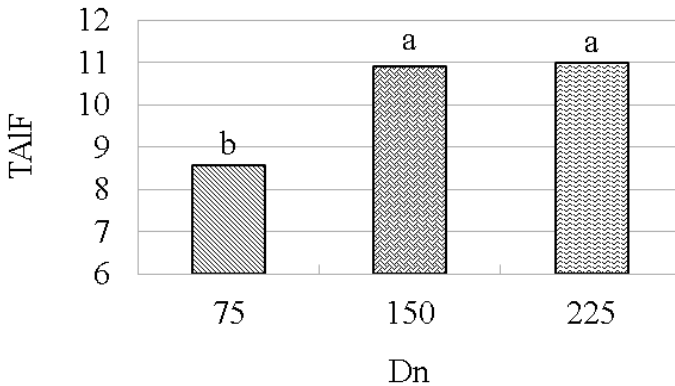


Figura 3. Comportamiento de la tasa de alargamiento foliar (TAIF; cm.d⁻¹) de *E. polystachya* por efecto de la aplicación de nitrógeno (Dn; kg.ha⁻¹.año⁻¹).

Figure 3. Behavior of the leaf elongation rate (TAIF; cm.d⁻¹) of *E. polystachya* by the application of nitrogen (Dn; kg.ha⁻¹.year⁻¹).

de diferencias estadísticas entre las Dn de 150 y 225 kg.ha⁻¹, pudo ser debida a las pérdidas de N por volatilización bajo el sistema de riego por inundación empleado en *E. polystachya*. El riego y la lluvia afectan directamente el drenaje del suelo y por lo tanto el lavado del N. Quílez *et al.*, (2006) mencionaron que el lavado de N, es la vía más importante por la que se exporta este nutriente hacia las aguas superficiales y subterráneas. Las mayores pérdidas de N, ocurren cuando hay una alta concentración de nitratos en el suelo y un elevado movimiento descendente de agua en el perfil, desplazamientos que están condicionados por efectos estacionales de las precipitaciones y el riego.

La TAIF es una variable importante

profile, displacements that are conditioned by seasonal effects of rainfalls and irrigation

The TAIF is an important variable in the analysis of tissue flow of forage plants because of its positive correlation with the production of DM. This behavior is due to the fact TAIF increases, an increased of the photosynthetically active leaf area occurs, which favors a higher accumulation of MS (Martuscello *et al.*, 2006).

Is solid the evidence in the literature, that indicates that the nitrogen fertilization promotes an increase in the TAIF in forage gramineas, since the N is a controlling

en el análisis de flujo de tejidos de las plantas forrajeras por su correlación positiva con la producción de MS. Este comportamiento se debe a que en la medida que la TAlF aumenta, ocurre un incremento del área foliar fotosintéticamente activa, lo cual favorece una mayor acumulación de MS (Martuscello *et al.*, 2006).

Es sólida la evidencia en la literatura que indica que la fertilización nitrogenada promueve un aumento en la TAlF en gramíneas forrajeras, ya que el N es un factor controlador de los diferentes procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas, lo cual proporciona un aumento de la producción de MS, debido al incremento en la fijación de carbono por la mayor área foliar para la captación de energía (Nabinger, 2001).

La fertilización nitrogenada le confiere a la planta una mayor capacidad de rebrote, después de la defoliación, con una rápida recuperación del aparato fotosintético, lo cual determina su posibilidad de sobrevivir en la comunidad vegetal. El N asume un papel de suma importancia al favorecer esa recuperación, pues es un nutriente esencial en varios procesos fisiológicos (Martuscello *et al.*, 2006).

El aumento de la TAlF, promovido por la fertilización nitrogenada es atribuido por Volenec y Nelson (1994) a la mayor producción de células. En gramíneas el alargamiento y división celular está restringido a una zona (meristema intercalar) en la base de la hoja en expansión protegida por el pseudotallo, la cual

factor of the different growth and development processes of plants, which provides an increase of DM production, due to the increase in carbon fixation by the higher leaf area for energy capture (Nabinger, 2001).

The nitrogen fertilization gives the plant a higher regrowth capacity, after defoliation, with a fast recovery of the photosynthetic apparatus, which determines its possibility of surviving in the plant community. The N assumes a role of utmost importance to favor that recovery, because is an essential nutrient in various physiological processes (Martuscello *et al.*, 2006).

The increase of the TAlF, promoted by nitrogen fertilization is attributed by Volenec and Nelson (1994) to the higher production of cells. In gramineas the cell lengthening and division is restricted to one area (intercalary meristem) in the base of the leaf in expansion protected by the pseudo stem, which demands a large amount of nutrients, mostly N (Skinner y Nelson, 1995).

Leaf senescence rate (TSeF) The ANOVA detected a significant effect of the season (Ep) ($P=0.0393$) and the cutting height (Ac) ($P=0.0141$) on the TSeF. A higher ($P<0.05$) TSeF was found in the EpLl about the EpSe, while EpIn did not present significant differences with the other seasons (figure 4).

These results allow to point out that the leaf senescence in *E. polystachya* is influenced by environmental conditions. Factors as temperature, light, water and nutrients availability stand out for being determinants of the behavior of this variable. Similar considerations were reported by Ramírez *et al.*,

demanda gran cantidad de nutrientes, principalmente N (Skinner y Nelson, 1995).

Tasa de senescencia foliar (TSeF)

El ANOVA detectó un efecto significativo de la época del año (Ep) ($P=0,0393$) y la altura de corte (Ac) ($P=0,0141$) sobre la TSeF. Se encontró una mayor ($P<0,05$) TSeF en la EpLl respecto a la EpSe, mientras EpIn no presentó diferencias significativas con las otras épocas (figura 4).

(2010), which pointed out that the environmental and management factors determine the morphogenic characteristics of plants, and that the environmental factors determine a marked seasonality on these characteristics. Notably, in the present research, the higher TSeF registered in the EpLl was markedly influenced by the detrimental effect of water excess. Once realized the irrigation at the beginning of the experimental period to reach a sheet of ± 10 cm, the subsequent

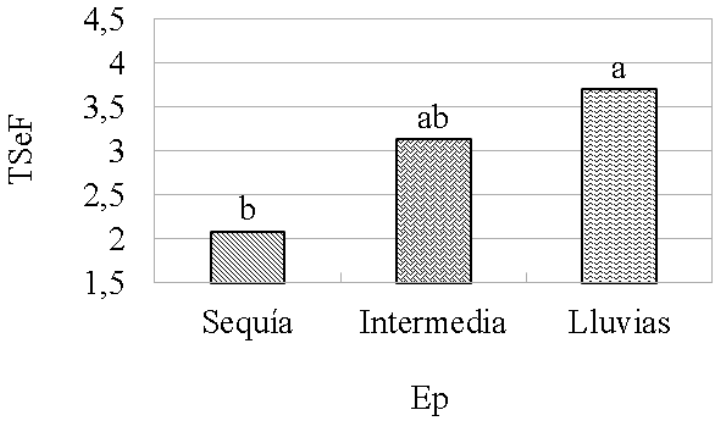


Figura 4. Comportamiento de la tasa de senescencia foliar (TSeF; cm.d⁻¹) de *E. polystachya* por efecto de la época del año (Ep).

Figure 4. Behavior of the leaf senescence rate (TSeF; cm.d⁻¹) of *E. polystachya* by effect of the season (Ep).

Estos resultados permiten señalar que la senescencia foliar en *E. polystachya* se encuentra influenciada por las condiciones ambientales. Factores tales como la temperatura, la luz, disponibilidad de agua y nutrientes destacan por ser determinantes del

rainfalls raised the superficial sheet to ± 25 cm, producing a high mortality of the lower leaves.

About the Ac, the defoliation at 20 cm favored a higher ($P<0.05$) TSeF, when compared with the height of 40 cm (figure 5). These results disagree

comportamiento de esta variable. Consideraciones similares fueron reportadas por Ramírez *et al.*, (2010), quienes señalaron que los factores ambientales y de manejo determinan las características morfogénicas de las plantas y que los factores ambientales determinan una marcada estacionalidad sobre estas características. Cabe destacar, que en la presente investigación la mayor TSeF registrada en la EpLl estuvo marcadamente influenciada por efecto perjudicial del exceso de agua. Una vez realizado el riego al inicio del periodo experimental hasta alcanzar una lámina de ± 10 cm, las precipitaciones subsiguientes elevaron la lámina superficial a ± 25 cm, ocasionando una elevada mortalidad de las hojas inferiores.

En cuanto a la Ac, la defoliación a 20 cm favoreció una mayor ($P<0,05$) TSeF al compararse con la altura a 40 cm (figura 5). Estos resultados discrepan de Marcelino *et al.* (2006), quienes señalan que no se encontró efecto de la intensidad de defoliación en la TSeF en el *Brachiaria brizantha* cv. Marandú.

Tasa de aparición foliar (TApF)

El ANOVA no reportó significancia de los efectos simples y sus interacciones. Se encontró una correlación ($P<0,05$) positiva de la TApF con la TAlF ($r = 0,77$). El comportamiento de *E. polystachya* difiere del común de otros pastos, debido a que la mayoría tiende por naturaleza a reducir la TAlF y aumentar la TApF, como una forma de recuperar más rápidamente su aparato fotosintético, debido a que

with Marcelino *et al.* (2006), who point that an effect of defoliation intensity in *Brachiaria brizantha* cv. Marandú was not found.

Leaf appearance rate (TApF)

The ANOVA did not report a significance of the simple effects and their interactions. A positive ($P<0.05$) correlation of the TApF with the TAlF ($r = 0.77$) was found. The behavior of *E. polystachya* differs from the common of other pastures, due to the most of them tend by nature to reduce the TAlF and to increase the TApF, as a way to recover their photosynthetic apparatus more quickly, due to the permanence of the forage in the ecosystem is directly related to their capacity of leaves emission after defoliation (Martuscello *et al.*, 2005). The development area of *E. polystachya* allows to keep that positive relationship, that permits a constant growth.

Stem elongation rate (TAIT)

The ANOVA found a significant effect of the Ep ($P=0.0023$) and of the DN ($P=0.0425$). In the EpLl a higher ($P<0.05$) TAIT was registered with respect to the obtained in the EpSe and EpIn, which did not present statistical differences between each other (figure 6).

Based on the information of the records of determined temperature during the course of the research, was proceeded to use the Hargreaves-Samani method (Hargreaves and Samani, 1982) to stimulate the solar radiation, and was obtained that the same was lower during the EpLl (32.7 Mj.m^{-2}), in comparison to the EpSe (36.1 Mj.m^{-2}) y la EpIn (37.4

la permanencia de la forrajera en el ecosistema está directamente relacionada a su capacidad de emisión de hojas después de la defoliación (Martuscello *et al.*, 2005). El hábitat de desarrollo de *E. polystachya* permite mantener esa relación positiva, lo cual permite un crecimiento constante.

Mj.m⁻²). According to Arsofski *et al.* (2012), the main photomorfogenic responses of plants are measured by four classes of photoreceptors: the phytochromes (sensitive in the red portion (R) and the far red (RL) of light spectrum), the cryptochromes (The hypothetical blue light sensors

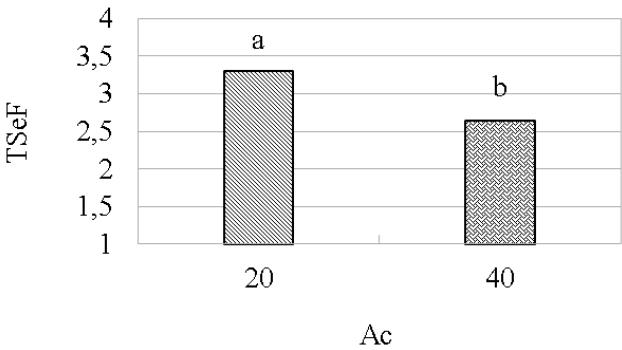


Figura 5. Comportamiento de la tasa de senescencia foliar (TSeF; cm.d⁻¹) de *E. polystachya* por efecto de la altura de corte (Ac, cm).

Figure 5. Behavior of the leaf senescence rate (TSeF; cm.d⁻¹) of *E. Polystachya* by cutting height (Ac, cm).

Tasa de alargamiento del tallo (TAIT)

El ANOVA encontró un efecto significativo de la Ep (P=0,0023) y de la Dn (P=0,0425). En la EpLl se registró la mayor (P<0,05) TAIT respecto al obtenido en la EpSe y EpIn, las cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sí (figura 6).

Con base a la información de los registros de temperatura determinada durante el transcurso de la investigación, se procedió a emplear el método de Hargreaves-Samani

and UV-A), the photopropins that respond to blue (Phototropism) and the recently photoreceptors UV-B identified. Through these pigments, plants have the capacity of perceiving subtle changes in the composition of light which allow to control the plant morphology, process known as photomorphogenesis.

In general terms, a less amount of light and a low R/RL relation produce three main responses in plants: increased allocation of resources to the air side (high relation stem/

(Hargreaves y Samani, 1982) para estimar la radiación solar, y se obtuvo que la misma fue menor durante la EpLl (32,7 Mj.m⁻²), en comparación a la EpSe (36,1 Mj.m⁻²) y la EpIn (37,4 Mj.m⁻²). Según Arsovski *et al.* (2012), las principales respuestas fotomorfogénicas de las plantas están mediadas por cuatro clases de fotoreceptores: los fitocromos (sensible en la porción del rojo (R) y el rojo lejano (RL) del espectro lumínico), los criptocromos (los hipotéticos sensores de luz azul y UV-A), las fototropinas que responden al azul (fototropismo) y los recientemente identificados fotoreceptores UV-B. A través de estos pigmentos, las plantas tienen la capacidad de percibir cambios sutiles en la composición de la luz los cuales permiten controlar la morfología de la planta, proceso conocido como fotomorfogénesis.

root), lengthening of existing organs, tillering reduction (Casal *et al.*, 1987) and eventually a reduction in the appearance of leaves (Deregibus *et al.*, 1983). The least daily radiation during the EpLl probably modified the relation R/RL of the radiation transmitted by the upper insertion level leaves (Deregibus *et al.*, 1985), which was detected by the plant phytochrome (Taiz and Zeiger, 2006), triggering an adaptive response characterized by the highest lengthening of the stems (Davis and Simmons, 1994).

According to the Dn, the higher (P<0.05) TAIT was obtained with a Dn225 in comparison to the Dn75. The Dn150 registered an intermediate value that did not present statistical differences with the other Dn evaluated (figure 7). The N increases the apical meristem activity and

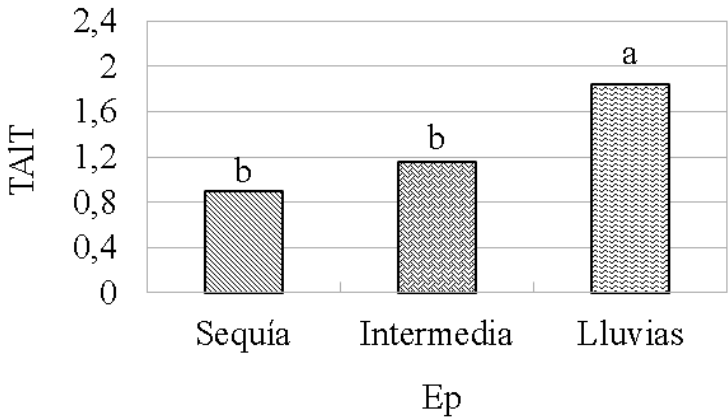


Figura 6. Tasa de alargamiento del tallo (TAIT; cm.d⁻¹) de *E. polystachya* por efecto de la época del año (Ep).

Figure 6. Behavior of the stem elongation rate (TAIT; cm.d⁻¹) of *E. polystachya* by effect of the season (Ep).

En términos generales, una menor cantidad de luz y una baja relación R/RL provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (alta relación tallo/raíz), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje (Casal *et al.*, 1987) y eventualmente una reducción de la aparición de hojas (Deregibus *et al.*, 1983). La menor radiación diaria durante la EpLl probablemente modificó la relación R/RL de la radiación transmitida por las hojas de nivel de inserción superior (Deregibus *et al.*, 1985), la cual fue detectada por el fitocromo de la planta (Taiz y Zeiger, 2006), desencadenando una respuesta adaptativa caracterizada por el mayor alargamiento de los tallos (Davis y Simmons, 1994).

En cuanto a la Dn, la mayor ($P < 0,05$) TAIT se obtuvo con una Dn225 en comparación con la Dn75. La Dn150 registró un valor intermedio que no presentó diferencias estadísticas con las otras Dn evaluadas (figura 7). El N incrementa la actividad de los meristemos apicales y el alargamiento subsecuente de los entrenudos, lo que ocasiona que la lámina tenga que recorrer una mayor distancia para que la hoja pueda emerger (Grant *et al.*, 1981). La respuesta de la TAIT a la Dn permite explicar la ausencia de significancia de este factor de estudio en la TApF, debido al efecto combinado del elemento N, ya que promueve el incremento tanto de la TAlF como de la TAIT, equiparando el tiempo para la aparición de dos hojas consecutivas respecto al obtenido con una menor Dn.

the subsequent lengthening of the internodes, which causes that the sheet has to travel a higher distance so that the leaf can emerge (Grant *et al.*, 1981). The response of the TAIT to the Dn, permits to explain the absence of significance of this study in the, due to the combined effect of N element, because it promotes the increase both the TAlF as the TAIT, equating the time for the appearance of two consecutive sheets with respect to the one obtained with a low Dn.

The results differ from what was reported by Lopes *et al.* (2014) who did not find an effect of the dose of N in the TAIT in the *Megathyrus maximus* cv. Massai. However, contrary, the results coincide with the indicated by Martuscello *et al.* (2015) who found that the TAIT in the cv. Massai responded linearly and positively to nitrogen fertilization. These authors point that a higher nitrogen fertilization generates self shading in plants of the cv. Massai that promotes not only the leaves lengthening but also of the stems. In low luminosity conditions, plants can prioritize the production of stems, with the purpose to capture a higher amount of light energy. In the same way, the self shading favors a low density of large size tillers respect to the pastures maintained in a well-lit environment

A positive association ($P < 0.05$) of the TAIT with the TAlF ($r = 0.29$) and TSeF ($r = 0.62$) was observed. Braz *et al.* (2010) found a positive correlation of the TAIT with the TSeF in plants of cv. Basilisk. This response is due to the leaf sheets

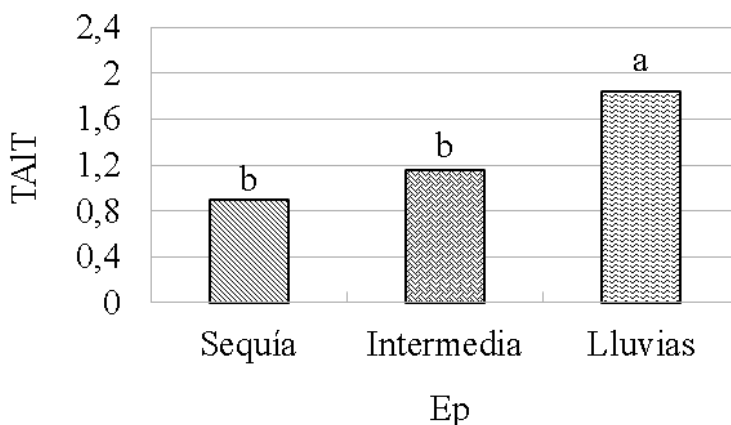


Figura 7. Comportamiento de la tasa de alargamiento del tallo (TAIT; cm.d⁻¹) de *E. polystachya* por efecto de la aplicación de nitrógeno (Dn; kg.ha⁻¹.año⁻¹).

Figure 7. Behavior of the stem elongation rate (TAIT; cm.d⁻¹) of *E. polystachya* by the application of nitrogen (Dn; kg.ha⁻¹.year⁻¹).

Los resultados difieren de lo reportado por Lopes *et al.* (2014) quienes no encontraron efecto de la dosis de N en la TAIT en el *Megathyrus maximus* cv. Massai. Sin embargo, contrariamente, los resultados coinciden con lo señalado por Martuscello *et al.* (2015) quienes hallaron que la TAIT en el cv. Massai respondió lineal y positivamente a la fertilización nitrogenada. Estos autores señalan que una mayor fertilización nitrogenada genera autosombreo en plantas del cv. Massai lo cual promueve no sólo el alargamiento de las hojas sino también de los tallos. En condiciones de baja luminosidad las plantas pueden priorizar la producción de tallos, con la finalidad de captar una cantidad mayor de energía luminosa. Asimismo, el autosombreo favorece

shading, mainly the older ones and of less insertion in the tiller, which reach the light compensation point and die (Hodgson, 1990). At the same time, the shading triggers a high competition by light between tillers, leading the plant to prioritize the destination of carbon for the lengthening of the internodes, in order to position a new leaf area less shading of the dorsal (Carnevali *et al.*, 2006).

Leaf life (DVH)

The ANOVA did not detect a significant effect of any study factor and its interactions in this variable. The DVH was related ($P < 0.05$) in a negative way with the TAlF ($r = -0.59$) and the TApF ($r = -0.87$). When growth is maximized, the TAlF, TApF and TAIT increase, but the DVH is reduced. Instead under growth-

una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado.

Se observó una asociación ($P < 0,05$) positiva de la TAIT con la TAIF ($r = 0,29$) y TSeF ($r = 0,62$). Braz *et al.* (2010) encontraron correlación positiva de la TAIT con la TSeF en plantas del cv. Basilisk. Esta respuesta se debe al sombreado de las láminas foliares, principalmente las más viejas y de menor inserción en el macollo, las cuales alcanzan el punto de compensación luminosa y fenecen (Hodgson, 1990). Al mismo tiempo, el sombreado desencadena una elevada competencia por luz entre los macollos, llevando a la planta a priorizar el destino del carbono para el alargamiento de los entrenudos, con el fin de posicionar una nueva área foliar en las áreas menos sombreadas del dosel (Carnevali *et al.*, 2006).

Duración de vida de la hoja (DVH)

El ANOVA no detectó efecto significativo de ningún factor de estudio y sus interacciones en esta variable. La DVH se relacionó ($P < 0,05$) de forma negativa con la TAIF ($r = -0,59$) y la TApF ($r = -0,87$). Cuando se maximiza el crecimiento, se incrementa la TAIF, TApF y TAIT, pero se reduce la DVH. En cambio, en condiciones limitantes del crecimiento, los pastos reducen su tasa de crecimiento, presentando menores TAIF, TApF y TAIT, como una forma de contrabalancear los efectos adversos de la formación de nueva área foliar del pasto, incrementando la DVH.

limiting conditions, the pastures reduce their growth rate, presenting minors TAIF, TApF and TAIT, as a way to counterbalance the adverse effects of the formation of new leaf area of the pasture, increasing the DVH.

Conclusions

Morphogenesis represents an important tool used in the control of the processes related to the growth, development and management in *E. polystachya*. Intense defoliations in *E. polystachya* during the rainy season, in areas with poor drainage, watered by flood, produce an increase in the leaf senescence rate.

In rainy seasons was found that, the least sun radiation favors to a higher stems elongation rate.

The morphogenic characteristics, leaf elongation rate and stem elongation rate positively respond to the nitrogen fertilization.

In *E. polystachya*, a high leaf elongation rate is positive associated with the leaf appearance rate. Likewise, high stem elongation rates are related to a high elongation and senescence leaf.

High leaf elongation and appearance rate in *E. polystachya* consequently bring a shorter leaf life.

End of English Version

Conclusiones

La morfogénesis representa una importante herramienta a ser utilizada en el control de los procesos

relacionados al crecimiento, desarrollo y manejo en *E. polystachya*.

Defoliaciones intensas en *E. polystachya* durante la época de lluvias, en áreas con mal drenaje, regadas por inundación, ocasionan un incremento de la tasa de senescencia foliar.

Se encontró que en la época de lluvias la menor radiación solar favorece una mayor tasa de alargamiento de los tallos.

Las características morfogénicas tasa de alargamiento foliar y tasa de alargamiento de los tallos responden positivamente a la fertilización nitrogenada.

En *E. polystachya*, una mayor tasa de alargamiento foliar se asocia positivamente con la tasa de aparición foliar. Asimismo, mayores tasas de alargamiento de los tallos se relacionan a mayores tasas de alargamiento y senescencia foliar.

Mayores tasas de alargamiento y aparición foliar en *E. polystachya* traen como consecuencia una menor duración de vida de la hoja.

Literatura citada

Alsina, M. L. 2016. Efecto de variables edáficas y ambientales sobre la morfogénesis, producción de forrajes y calidad nutricional de una pastura introducida y el pastizal natural en el Sur de Santa Cruz. Informe Científico Técnico UNPA. 8(3): 162-194.

Arsovski, A. A., A. Galstyan, J. M. Guseman and J. L. Nemhauser. 2012. Photomorphogenesis. The Arabidopsis Book. e0147: 1-10.

Braz, T. G. S., M. E. R. Santos, V. M. Gomes, M. Castro e D. M. da Fonseca. 2010. Interdependência entre

características do fluxo de tecidos do capim-braquiária. Enciclopédia Biosfera. 6(10): 1-12.

Carnevali, R. A., S. C. da Silva, A. D. O. Bueno, M. C. Uebele, F. O. Bueno, J. Hodgson, G. Nunes e J. P. G. Morais. 2006. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. Trop. Grasslands. 40(3): 165-176.

Carrillo, C., E. Casanova y G. Rico. 1992. Balance de nitrógeno en arroz de riego en un vertisol del estado Guárico. Agron. Trop. 42(1-2): 67-84.

Casal, J. J., R. Sánchez and V. A. Deregibus. 1987. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far-red ratio typical of sparse canopies. J. Exp. Bot. 38(9): 1432-1439.

Davis, M. and S. Simmons. 1994. Far-red light reflected from neighbouring vegetation promotes shoot elongation and accelerates flowering in spring barley plants. Plant Cell Physiol. 17(7): 829-836.

Deregibus, V. A., R. Sánchez y J. J. Casal. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. Plant Physiol. 72(3): 900-902.

Deregibus, V. A., R. Sánchez, J. J. Casal and M. Trlica. 1985. Tillering Responses to Enrichment of Red Light Beneath the Canopy in a Humid Natural Grassland. J. Appl. Ecol. 22(1): 199-206.

Grant, S., T. Barthram and L. Torvel. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. GrassForageSci. 36(3): 155-168.

Hargreaves, G. H. y Z.A. Samani. 1982. Estimating potential evapotranspiration. J. Irrig. and Drain Eng., ASCE. 108(IR3): 223-230.

Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into practice. Longman Group UK Ltd. England. 203 p.

Lemaire, G. y D. Chapman. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: The Ecology and Management of Grazing Systems. Hodgson J. and A. Illius (Eds.). CAB International. Wallingford. Inglaterra. 3-35 p.

- Lopes, A. y M. T. F. Piedade. 2009. Estabelecimento de *Echinochloa polystachya* (HBK) Hitchcock (Poaceae) em solo de várzea contaminado com petróleo de Urucu. Acta Amaz. 39(3): 583-590.
- Lopes, M. N., M. J. D. Cândido, R. C. F. F. Pompeu, R. G. da Silva, C. F. de Lacerda e F. M. L. Bezerra. 2014. Características morfológicas de dois tipos de perfis e produção de biomassa do capim-massai adubado com nitrogênio durante o estabelecimento. Bioscience Journal, 30(2): 666-677.
- Marcelino, K. R. A., D. D. Nascimento Júnior, S. D. da Silva, V. P. B. Euclides e D. D. Fonseca. 2006. Características morfológicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. Rev. Bras. Zootec. 35(6): 2243-2252.
- Martuscello, J. A., D. D. Fonseca, D. D. Nascimento Júnior, P. M. Santos, D. N. F. V. Cunha e L. D. M. Moreira. 2006. Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Rev. Bras. Zootec. 35(3): 665-671.
- Martuscello, J. A., D. D. Fonseca, D. D. Nascimento Júnior, P. M. Santos, J. I. Ribeiro Júnior, D. N. F. V. Cunha e L. D. M. Moreira. 2005. Características morfológicas e estruturais do capim-xaraés submetido á adubação nitrogenada e desfolhação. Rev. Bras. Zootec. 34(5): 1475-1482.
- Martuscello, J. A., L. P. da Silva, A. C. dos Santos Batista, T. G. dos Santos Braz e P. S. Ferreira. 2015. Adubação nitrogenada emcapim-massai: morfológenes e produção. Ci. Anim. Bras. 16(1): 1-13.
- Nabinger, C. 2001. Manejo da desfolha. Em: XVIII Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba. Brasil. 192-210 p.
- Nabinger, C. y P. C. F. Carvalho. 2009. Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su Sustentabilidad. Agrociencia. 13(3): 18-27.
- Neto, A. F. G., D. D. Nascimento Júnior, A. J. Regazzi, D. M. Fonseca, P. R. Mosquim, e K. F. Gobbi. 2002. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Rev. Bras. Zootec. 31(5): 1890-1900.
- Piedade, M. T. F., W. J. Junk and S. P. Long. 1997. Nutrient dynamics of the highly productive C4 macrophyte *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. Functional Ecology. 11(1): 60-65.
- Quílez, D., M. R. Yagüe y R. Isla C. 2006. Lavado de nitrato y riego. En: Gobierno de Aragón, Departamento de Agricultura y Alimentación (Eds.). Fertilización Nitrogenada. Guía de Actualización. Talleres Editoriales Cometa S.A. España. Pp. 39-51.
- Ramírez R., O., A. Hernández G., S. Carneiro da Silva, J. Pérez P., J. Jacauna de Souza J., R. Castro R., J.F. Enríquez Q. 2010. Características morfológicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza y cosechado a diferentes intervalos de corte. Tropical and Subtropical Agroecosystem. 12(2): 303-311.
- Rawls, W. J., D. L. Brakensiek and K. E. Saxton. 1982. Estimation of soil water properties. Trans. Asae. 25(5): 1316-1320.
- Santos, M. R., D. M. Da Fonseca, V. M. Gomes, S. P. Da Silva, G. P. Silva e M. R. Sant'anna. 2012. Correlações entre características morfológicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. Ci. Anim. Bras. 13(1): 49-56.
- SAS. 2000. Software SAS Version 8. Nashville Enabled. SAS Institute INC. Cary. North Carolina. Estados Unidos.
- Skinner, H. and J. Nelson. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the *Phyllochron*. CropSci. 35(1): 4-10.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Universidad de Jaume-I. Castellón de la Plana. España. 1338 p.
- Volenc, J. and C. Nelson. 1984. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation rates modified by nitrogen fertilization. Plant Physiol. 74(3): 595-600.