

## EFFECTO DE LA ÉPOCA DEL AÑO SOBRE EL RENDIMIENTO DE FORRAJE Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA DEL PASTO TAIWÁN

### EFFECT OF SEASON OF THE YEAR ON FORAGE YIELD AND PROTEIN CONCENTRATION OF TAIWAN GRASS

Gloria E. De Dios-León<sup>1</sup>, Eduardo D. Bolaños-Aguilar<sup>2\*</sup>, Armando Guerrero-Peña<sup>3</sup>, Catalino J. López-Collado<sup>4</sup>, Eusebio Ortega-Jiménez<sup>4</sup> y Alejandro Alonso-López<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco, México. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados (CP) Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>4</sup>CP, Campus Veracruz, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.

\*Autor de correspondencia (bolanos.eduardo@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

En pasto Taiwán (*Cenchrus purpureus* var. Taiwán) hay información limitada de las variaciones del rendimiento de materia seca y de la proteína con la edad de la planta y condiciones del medio (época del año y fertilización). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la época del año, edad de la planta y fertilización en el rendimiento de materia seca aérea (RMSA), de raíces (RMSR), proteína, demanda de nitrógeno (DN), tasa de crecimiento (TC) y tasa relativa de crecimiento (TRC) del pasto Taiwán. El RMSA aumentó con la edad al corte, de 1481.47 kg ha<sup>-1</sup> a 40 días en plantas sin fertilizar en la época seca a 11,775.2 kg ha<sup>-1</sup> a 80 días en plantas fertilizadas en la época de lluvias. Los mayores RMSR a los 40 (432.74 kg) y 60 días (475.28 kg ha<sup>-1</sup>) ocurrieron en lluvias en invierno en plantas fertilizadas. El mayor RMSR (610.21 kg ha<sup>-1</sup>) fue a 80 días en lluvias en plantas fertilizadas. La proteína disminuyó de 40 días (153.99 g kg<sup>-1</sup> MS) en plantas fertilizadas en nortes a 80 días (73.99 g kg<sup>-1</sup> MS) en plantas no fertilizadas en lluvias. La época de nortes mantuvo mayores concentraciones de proteína en la planta. La DN estuvo correlacionada (R<sup>2</sup>= 0.959, P < 0.0001) con el RMSA; por ello, la mayor DN (178.97 kg ha<sup>-1</sup>) fue en plantas fertilizadas a los 80 días de edad y en lluvias. La TC aumentó con la edad y con la fertilización en la época seca y de lluvias; por el contrario, la TRC disminuyó de los 40 días (0.190 g g<sup>-1</sup> MS d<sup>-1</sup>) a los 80 días (0.024 g g<sup>-1</sup> MS d<sup>-1</sup>), sin diferencias en nortes entre plantas fertilizadas y no fertilizadas en las tres edades. La fertilización mejoró el RMS aérea y de raíces, proteína, TC y TRC en las tres épocas del año.

**Palabras clave:** *Cenchrus purpureus* var. Taiwán, fertilización, proteína, rendimiento de materia seca, tasas de crecimiento.

#### SUMMARY

In Taiwan grass (*Cenchrus purpureus* var. Taiwan) there is limited information on variations in dry matter yield and protein concentration with plant age and environmental conditions (season of the year and fertilization). The objective of this research was to evaluate the effect of season of the year, plant age, and fertilization on the yield of aerial dry matter (YADM), roots (YRDM), protein, nitrogen demand (ND), growth rate (GR) and relative growth rate (RGR) on Taiwan grass. The YADM increased with age, from 1481.47 kg ha<sup>-1</sup> at 40 days of age in unfertilized plants in the dry season, to 11,775.2 kg ha<sup>-1</sup> at 80 days in plants fertilized in rainy season. The highest YRDM at 40 (432.74 kg) and 60 days (475.28 kg ha<sup>-1</sup>) occur in 'nortes' (rain in winter) in fertilized plants. The highest YRDM (610.21 kg ha<sup>-1</sup>) was at 80 days after cutting in rainy season in fertilized plants. Protein decreased from 40 days (153.99 g kg<sup>-1</sup> MS) in plants fertilized in nortes to 80 days (73.99 g kg<sup>-1</sup> MS) in unfertilized plants in rainy season. The season of the year of nortes

maintained the highest protein concentrations in the plant. DN was correlated (R<sup>2</sup> = 0.959, P < 0.0001) with RMSA; thus, the highest DN (178.97 kg ha<sup>-1</sup>) was in plants fertilized at 80 days of age and in rainy season. GR increased with age and fertilization in both, the dry season and rainy season; conversely, RGR decreased from 40 days (0.190 g g<sup>-1</sup> MS d<sup>-1</sup>) to 80 days after cutting (0.024 g g<sup>-1</sup> MS d<sup>-1</sup>), with no differences detected in nortes between fertilized and unfertilized plants in the three ages. Fertilization improved the aerial and root RMS, protein, GR and RGR in the three seasons of the year.

**Index words:** *Cenchrus purpureus* var. Taiwán, dry matter yield, fertilization, growth rates, protein.

#### INTRODUCCIÓN

El pasto Taiwán es una gramínea forrajera de corte con alta producción de materia seca, palatabilidad y valor nutritivo (Palacios-Díaz *et al.*, 2013), de crecimiento y maduración rápida, lo que genera una reducción de su proteína a la velocidad de su crecimiento (Semaun *et al.*, 2018). El pasto Taiwán, por ser una especie de crecimiento rápido, tiene una demanda alta de nutrientes del suelo, principalmente de nitrógeno, el cual es el principal constituyente de las proteínas. Existen estudios de fertilización en esta especie que buscan la dosis óptima para suplir la fuerte demanda de nutrientes e incrementar, aún más, el rendimiento de materia seca. Ullah *et al.* (2010) registraron altos rendimientos de materia seca, con un incremento en el contenido de proteína de 6 al 10 % al aplicar 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Resultados semejantes fueron registrados por Morais *et al.* (2012) al incrementar significativamente la producción de forraje al fertilizar con 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. En *Cenchrus purpureus* var. Maralfalfa, Cerdas (2015), al pasar de 50 a 90 kg de N ha<sup>-1</sup> de fertilización, incrementó la producción de proteína por hectárea de 156 a 1976 kg en cortes de 49 días. No obstante los resultados descritos, la información sobre el efecto de la fertilización, época del año y edad al corte sobre la concentración de proteína, demanda de nitrógeno y variación en el rendimiento de materia seca es limitada. El objetivo del presente estudio

fue evaluar el efecto de época del año, edad al corte y fertilización sobre el rendimiento de materia seca, a nivel de planta entera, índices de crecimiento, concentración de proteína y demanda de nitrógeno del pasto Taiwán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y descripción del área experimental

El estudio se realizó del 10 de febrero 2015 al 28 de abril 2016 en el Rancho Santa Rosa del ejido Posa Redonda, Cárdenas, Tabasco, México, ubicado a 18° 14' LN y 93° 29' LO y 10 msnm. El estudio cubrió la época de lluvias (junio a septiembre 2015), nortes (octubre 2015 a enero 2016) y la época seca (febrero a mayo 2016). La precipitación pluvial del período experimental fue de 390 y 1550 mm con respecto a la época de lluvias y nortes, respectivamente. En la época de lluvias se registraron temperaturas mínimas y máximas de 20 y 36 °C, respectivamente y en nortes de 19 y 30 °C. En la época seca la precipitación fue de 120 mm, con temperaturas mínimas y máximas de 20 y 34 °C, respectivamente. El suelo se clasificó como Vertisol (Palma-López *et al.*, 2007) de textura franco-arcillosa, pH 5.5, CIC de 17.6 cmol kg<sup>-1</sup> y 2.3 % de M.O.

### Material biológico y tratamientos

El material biológico lo constituyó el pasto Taiwán (*Cenchrus purpureus* var. Taiwán) obtenido de ganaderos cooperantes. Se evaluaron tres épocas del año (nortes, seca y lluvias), dos dosis de fertilización (0-0-0 y 300-100-200 NPK) y tres edades al corte (40, 60 y 80 días). Como fuente de N, P y K se empleó urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente. De la combinación de los tres factores (época del año, edad al corte y fertilización) con sus niveles resultaron 18 tratamientos, los cuales se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con seis repeticiones por tratamiento, en un arreglo en parcelas subdivididas, donde la parcela mayor fue la época del año, la parcela mediana la dosis de fertilización y la chica la edad al corte. El tamaño de la unidad experimental fue de 1 x 5 m.

### Desarrollo del experimento

El pasto Taiwán se sembró el 10 de febrero de 2015 en parcelas de 1 x 5 m, con distancia de siembra de 1 x 1 m entre plantas y entre hileras. La fertilización nitrogenada se hizo en dos partes, el 50 % al momento de la siembra y el resto 40 días después. El 100 % de la fertilización con fósforo y potasio se hizo al momento de la siembra. Las parcelas se distribuyeron en el campo al azar con seis repeticiones. Cada parcela se dividió en tres subparcelas, cada subparcela se formó de cuatro plantas a las que se

les asignó, aleatoriamente, una de las tres edades al corte: 40, 60 y 80 días. El corte de uniformidad se realizó en todas las parcelas el 06 de junio del 2015 para la época de lluvias, el 11 de noviembre del 2015 para nortes y el 08 de febrero del 2016 para la época seca. De esta manera, las tres cosechas correspondientes a cada edad se realizaron los días 16 de julio, 05 de agosto y 25 de agosto del 2015 para lluvias, el 21 de diciembre del 2015, 10 de enero y 30 de enero del 2016 para nortes y el 19 de marzo, 08 de abril y 28 de abril del 2016 para la época seca. En cada subparcela se cosecharon las plantas enteras para el registro de la biomasa aérea y de raíces. Las plantas se cosecharon a una altura de corte de 25 cm del nivel del piso. Las raíces se extrajeron del sustrato de suelo de 0-25 cm de profundidad y fueron lavadas para su posterior secado.

### VARIABLES EVALUADAS

Se evaluó el rendimiento de materia seca aérea (RMSA, kg ha<sup>-1</sup>), rendimiento de materia seca de raíces (RMSR, kg ha<sup>-1</sup>), contenido de proteína cruda (g kg<sup>-1</sup> MS), demanda de nitrógeno (DN), tasas de crecimiento (TC, kg ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) y tasa relativa de crecimiento (TRC, g g<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>). Para determinar el RMSA y RMSR se separaron submuestras de 300 g de materia verde (MV) de la parte aérea de la planta y de raíces, para secarlas a 65 °C por 48 h en estufas de aire forzado (Shellba®, modelo CE3F, Sheldom Manufacturing Inc., USA). El RMSA y RMSR se calculó con base en la concentración de MS obtenida de los 300 g de MV y del rendimiento de MV total cosechado de cada subparcela. La concentración de proteína (g kg<sup>-1</sup> MS) se obtuvo de las muestras de 300 g de MV, que fueron previamente molidas a un tamaño de partícula de 1 mm en molino (Wiley Arthur H. Thomas Company, USA). El porcentaje de nitrógeno se obtuvo por el método de Kjeldahl (AOAC, 2012) y la proteína mediante la operación: % N x 6.25. La demanda de nitrógeno (DN) se calculó con base en las fórmulas sugeridas por Rodríguez (1993), donde: DN= (Biomasa total x requerimiento interno, RI) / 100, RI= (Nutriente absorbido, NA / biomasa total) x 100, NA= (Biomasa total x % de N en la biomasa aérea de la planta) / 100. Las tasas de crecimiento se obtuvieron de las ecuaciones fundadas para determinar el crecimiento básico de plantas (Hunt, 2003): Tasa de crecimiento (TC) = (dW/dt) en kg ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> y Tasa relativa de crecimiento (TRC) = (1/W) (dW/dt) en g g<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, donde W= Rendimiento de materia seca, dW/dt = Variación del rendimiento de materia seca en función del tiempo.

### Análisis estadístico

En un primer análisis se determinó el efecto de la época del año, fertilización y edad de la planta sobre el RMSA,

RMSR, proteína, DN y tasas de crecimiento en un diseño de bloques al azar en arreglo de parcelas subdivididas, con seis repeticiones. Dada la interacción triple (Cuadro 1) para las tasas de crecimiento, un segundo análisis se efectuó por época del año para esta variable en un arreglo de parcelas divididas. Los análisis se realizaron utilizando PROC MIXED del software SAS (SAS, 2010). La comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). La correlación entre las variables de respuesta se calculó con el procesador CORR del programa SAS (2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de materia seca

El Cuadro 1 muestra la interacción época del año x edad al corte para el rendimiento de materia seca aérea (RMSA) y de raíces (RMSR). Para el RMSA la interacción ( $P \leq 0.001$ ) se registró entre las épocas seca y de nortes a los 40 días de edad de la planta, por presentar ambas épocas un RMSA semejante, volviéndose diferente en las dos edades siguientes (Figura 1A). A la edad de 40 días al corte ambas épocas registraron un RMSA promedio de 1980.25 kg ha<sup>-1</sup>, lo que significan 2597.65 kg ha<sup>-1</sup> de MS menos que el registrado (4577.90 kg ha<sup>-1</sup>) en la época de lluvias. Posteriormente, a los 60 y 80 días de edad, el RMSA fue diferente entre las tres épocas del año. La época de lluvias registra, a los 60 días de edad al corte, un rendimiento de 2480.70 kg y 3933.60 kg ha<sup>-1</sup> más de MS con respecto a nortes y a la época seca y a los 80 días el rendimiento fue de 3241.60 kg y 6784.80 kg ha<sup>-1</sup> más de MS, con respecto a las dos épocas restantes en el mismo orden. Estos altos

rendimientos en la época de lluvias se deben a la mayor precipitación pluvial en esta época, con casi 300 mm más de lluvia con respecto a la época seca. Existe suficiente información que demuestra el incremento del RMSA en la época de lluvias y su decremento significativo en las épocas con menor humedad en el suelo (García-Ferrer *et al.*, 2015; Pardo-Aguilar *et al.*, 2020). No hubo interacción ( $P > 0.05$ ) época del año x fertilización (Cuadro 1). La fertilización incrementó el RMSA en las tres épocas del año (Cuadro 2); sin embargo, hubo interacción ( $P \leq 0.01$ ) edad al corte x fertilización, debido a que a la edad de 40 días el RMSA no registró diferencias ( $P > 0.05$ ) entre plantas fertilizadas y no fertilizadas en la época de nortes, dando un rendimiento promedio de 2134.43 kg ha<sup>-1</sup>. Esta falta de efecto de la fertilización a los 40 días se debió tal vez al menor rendimiento de raíces registrado a esta edad, lo que pudo limitar la capacidad de absorción del fertilizante.

Posteriormente, a los 60 y 80 días de edad el RMSA de las plantas fertilizadas fue superior a las no fertilizadas (Cuadro 2). En Maralfalfa (*Cenchrus purpureus* var. Maralfalfa) Palacios-Díaz *et al.* (2013) registraron un RMSA 3.6 veces más al ser fertilizada con estiércol de cerdo en dosis de 250 kg ha<sup>-1</sup>, más 50 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma de urea. Resultados similares fueron registrados en pasto Elefante (Ullah *et al.*, 2010) a la edad de la planta de 60 días al fertilizar con 120 kg de N, que sin fertilizar. A los 60 y 80 días de edad las plantas fertilizadas presentaron un RMSA de 5604.7 kg y 8443.1 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que las no fertilizadas de 4422.1 kg y 6536.2 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los cambios en el RMSA estuvieron correlacionados ( $R^2 = 0.773$ ,  $P \leq 0.001$ ) con los cambios en el rendimiento de materia seca de raíces (RMSR).

**Cuadro 1. Cuadros medios de las variables evaluadas en el pasto Taiwán en tres épocas del año, dos dosis de fertilización y tres edades al corte.**

Fuente de Variación	RMSA (kg ha <sup>-1</sup> )	RMSR (kg ha <sup>-1</sup> )	Proteína (g kg <sup>-1</sup> MS)	DN (kg ha <sup>-1</sup> )	TC (kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	TRC (g g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
E	18.4 x 10 <sup>7</sup> ***	226,709 ***	5260 ***	34,951 ***	74,703 ***	0.0009 ***
EC	19.4 x 10 <sup>7</sup> ***	506,022 ***	10,052 ***	23,313 ***	26,378 ***	0.3557 ***
E x C	14.3 x 10 <sup>6</sup> ***	63,292 **	1 274 ***	3070 NS	10,637 ***	0.0011 ***
F	44.2 x 10 <sup>6</sup> ***	175,444 ***	5206 ***	22,845 ***	17,590 ***	0.0001 ***
E x F	10.7 x 10 <sup>5</sup> NS	6934 NS	170 NS	1017 NS	1012 NS	0.00003 NS
C x F	30.71 x 10 <sup>5</sup> **	19,772 NS	405 *	690 NS	789 NS	0.0001 **
E x C x F	59.7 x 10 <sup>5</sup> NS	4622 NS	55 NS	348 NS	1558 *	0.0007 ***
Media	5116.40	353	101	81	101	0.0817

E: época, EC: edad al corte, F: fertilización, RMSA: rendimiento de materia seca aérea, RMSR: rendimiento de materia seca de raíces, proteína, DN: demanda de nitrógeno, TC: tasa de crecimiento, TRC: tasa relativa de crecimiento, NS: No significativo, \*, \*\*, \*\*\*:  $P \leq 0.05$ , 0.01 y 0.001, respectivamente.

La interacción época del año  $\times$  edad al corte para el RMSR ocurre a la edad de la planta de 80 días (Figura 1B). Lo anterior se debe al RMSR, que pasa de ser diferente ( $P \leq 0.05$ ) entre las épocas seca y nortes a los 40 y 60 días a ser similar ( $P > 0.05$ ) entre estas dos épocas a los 80 días de edad al corte de la planta. En la época seca y a los 40 días de edad de la planta el RMSR registró 171.45 kg ha<sup>-1</sup> de MS menos que el promedio (303.09 kg ha<sup>-1</sup> MS) de las épocas de lluvias y nortes. A los 60 días la época seca también registró 148.60 kg ha<sup>-1</sup> de MS menos que el promedio (382.55 kg ha<sup>-1</sup> MS) de las dos épocas restantes.

### Concentración de Proteína

Hubo interacción ( $P \leq 0.001$ ) época  $\times$  edad al corte (Cuadro 1) inducida por las tres épocas del año a los 60 y 80 días de edad (Figura 2A). A la edad de 40 días la concentración de proteína en la planta es diferente ( $P \leq 0.001$ ) entre las tres épocas del año, siendo mayor en nortes con 25.55 g y 45.75 g más de proteína por kg<sup>-1</sup> de MS con respecto a la época seca y de lluvias; sin embargo, los registros de proteína en las edades posteriores interactúan con la época del año. A los 60 días la época de lluvias mantiene la menor concentración de proteína en la planta con 96.15 g kg<sup>-1</sup> de MS y la época seca del año interactúa con la época de nortes. Lo anterior debido a que la época seca cambia su *status* de segundo puesto, en concentración de proteína de la planta a los 40 días, al primer puesto junto con la época de nortes a los 60 días de edad. Ambas épocas registraron 105.11 g kg<sup>-1</sup> de MS de proteína a los 60 días de edad. A los 80 días existe un entrecruzamiento entre las épocas seca y de lluvias, dando por resultado una concentración semejante en proteína entre estas dos épocas con promedio 79.69 g kg<sup>-1</sup> de MS. A esta edad la época de nortes registró una concentración de proteína de 95.85 g kg<sup>-1</sup> de MS. La proteína en la planta disminuye con la edad al corte ( $P \leq 0.001$ ), pasando de 118.5 g a 85.08 g kg<sup>-1</sup> de MS de los 40 a los 80 días de edad, en promedio de las tres épocas del año. Esto se debe, en parte, a que con la edad la relación hoja/tallo disminuye (Palacios-Díaz *et al.*, 2013) y, por otro lado, a la disminución de la proteína por unidad de materia seca acumulada, fenómeno conocido como dilución de la proteína (Juárez *et al.*, 2011). No obstante que en la época de nortes el pasto Taiwán registró la mayor pérdida de proteína (46.08 g kg<sup>-1</sup> de MS), al pasar de los 40 a los 80 días, con respecto a la época seca (40.17 g) y de lluvias (14.01 g), es en la época de nortes que la planta mantiene la mayor concentración de proteína durante su crecimiento. Estudios en otras especies forrajeras también han reportado mayores concentraciones de proteína en la época de nortes (Pardo-Aguilar *et al.*, 2020). Por otra parte, la fertilización también aumenta la concentración

de proteína en la planta (Cuadro 3). Considerando que la fertilización no interactuó con la edad ni con la época del año, la concentración promedio de proteína en la planta disminuyó a mayor edad, registrándose valores promedio de 118.49, 102.12 y 85.08 g kg<sup>-1</sup> de MS a las edades de 40, 60 y 80 días, respectivamente. Por lo anterior, la concentración de proteína tuvo una correlación inversa ( $R^2 = -0.480$ ;  $P \leq 0.05$ ) con el RMSA.

La concentración promedio de proteína en plantas fertilizadas fue de 108.84 g, y en no fertilizadas de 94.96 g kg<sup>-1</sup> de MS, lo que significa un aumento de 13 % de proteína en plantas fertilizadas con 300-100-200 kg de NPK. En suelos de sabana de Tabasco, ocho pastos de diferentes hábitos de crecimiento fueron fertilizados con 100 kg de N, obteniéndose un incremento del 1.5 % de proteína (Juárez *et al.*, 2011). En pastos nativos, Balabanli *et al.* (2010) incrementaron su contenido de proteína en más de 2 % al ser fertilizados con 80-40-50 de NPK. La nutrición con nitrógeno es uno de los factores esenciales del rendimiento y calidad de las plantas, por ser uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y de las clorofilas totales de las plantas (Taiz y Zeiger, 2012).

### Demanda de Nitrógeno (DN)

No hubo interacción ( $P < 0.05$ ) época del año  $\times$  edad al corte para DN (Cuadro 1). La DN aumentó con la edad al corte en las tres épocas del año y se mantuvo superior en la época de lluvias, seguido por nortes y por la época seca. La mayor DN en época lluviosa fue reportado por Kozloski *et al.* (2005), explicado por la presencia de condiciones favorables (temperatura, radiación, disponibilidad de agua) para el crecimiento de la planta. Esto significó una importante correlación entre la DN y el RMSA ( $R^2 = 0.959$ ,  $P \leq 0.0001$ ) y con el RMSR ( $R^2 = 0.797$ ,  $P \leq 0.001$ ). Esta relación positiva entre DN y RMSA en Taiwán fue también reportada por López-Collado *et al.* (2018). La DN pasó de 72.48 kg a 153.39 kg ha<sup>-1</sup> con respecto a los 40 y 80 días de edad, promediando 110.75 kg ha<sup>-1</sup>. En nortes, la DN promedio fue de 84.36 kg ha<sup>-1</sup>, pasando de 57.79 kg a 110.28 kg ha<sup>-1</sup> con respecto a los 40 y 80 días de edad. En la época seca la DN promedio fue menor, con 48.66 kg ha<sup>-1</sup>, pasando de 36.33 kg a los 40 días a 54.83 kg ha<sup>-1</sup> a los 80 días de edad. Entre las edades de 60 y 80 días de la planta, la DN fue semejante en la época seca. La fertilización aumentó la demanda de nitrógeno (Cuadro 3).

Plantas fertilizadas registraron mayor DN, con 95.80 kg vs 66.71 kg ha<sup>-1</sup> de las plantas no fertilizadas, como promedio de las tres edades al corte. Este incremento en

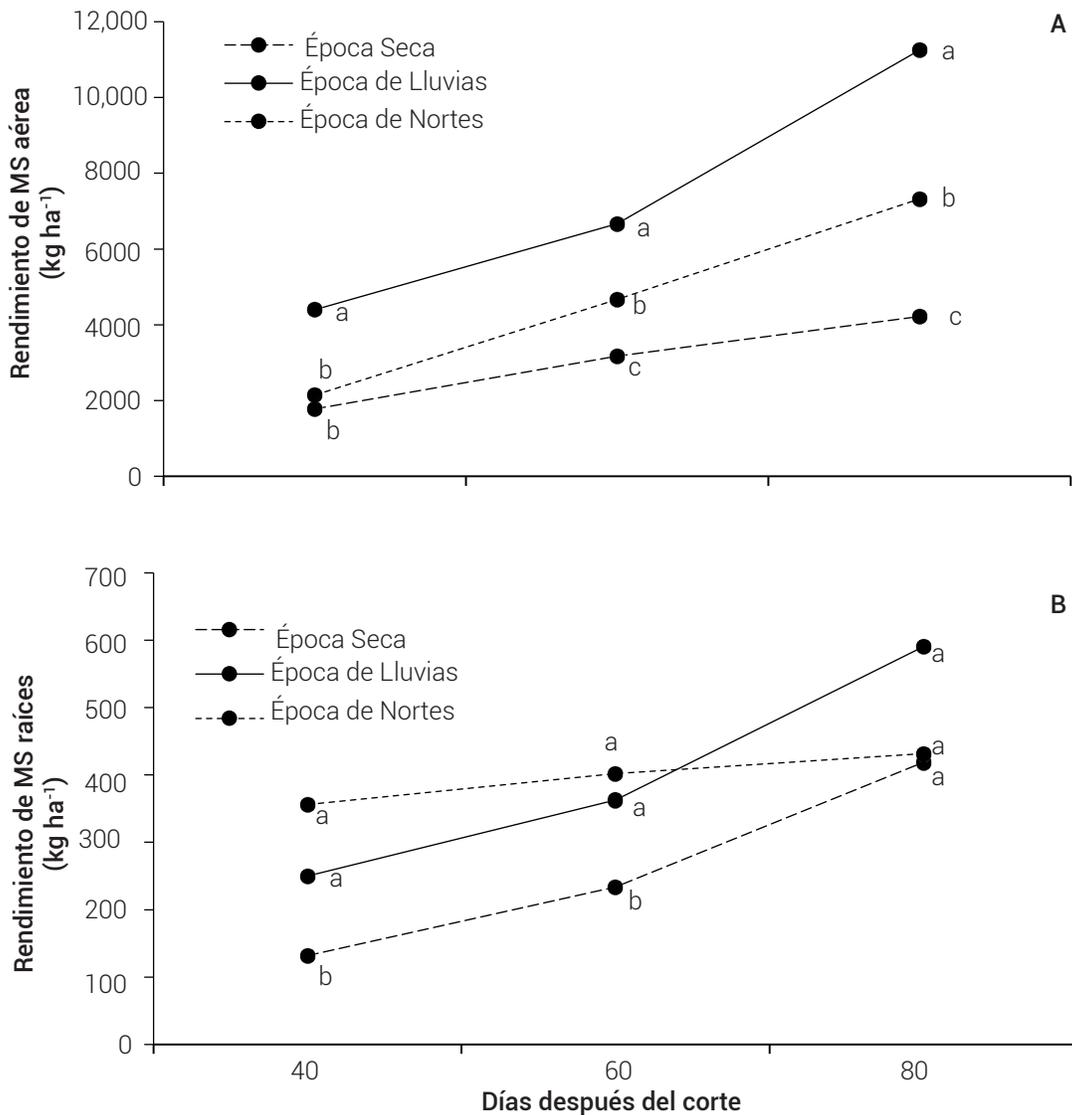


Figura 1. Rendimiento de materia seca aérea (A) y de raíces (B), en tres épocas del año dentro de tres edades al corte del pasto Taiwán.

la DN se debió al mayor RMSA inducido por la fertilización. Es probable que la mayor DN se canalice en la síntesis de enzimas para la formación de tejidos fotosintéticos, especialmente prevalentes en las hojas, por lo que se aumenta la biomasa foliar en plantas fertilizadas (Taiz y Zeiger, 2012). La menor DN (28.25 kg ha<sup>-1</sup>) se registró en la época seca en las plantas sin fertilizar a los 40 días de edad, mientras que la mayor DN (178.97 kg ha<sup>-1</sup>) se obtuvo en la época de lluvias en plantas fertilizadas a los 80 días de edad.

**Tasas de crecimiento**

Hubo interacción ( $P \leq 0.001$ ) edad al corte x fertilización para la TC en la época Seca y de nortes. En la época Seca la interacción se registró a los 60 días al no presentarse diferencias en TC entre plantas fertilizadas y no fertilizadas, con promedio de 69.59 kg ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> de MS. A los 40 y 80 días de edad las plantas fertilizadas registraron una TC superior, con valores de 54.26 kg y 61.66 kg ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, respectivamente, vs 37.03 kg y 21.23 kg ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> de las plantas no fertilizadas (Cuadro 4). Al igual que estos resultados, Santiago *et al.* (2015) registraron TC del pasto Taiwán de hasta 21 %

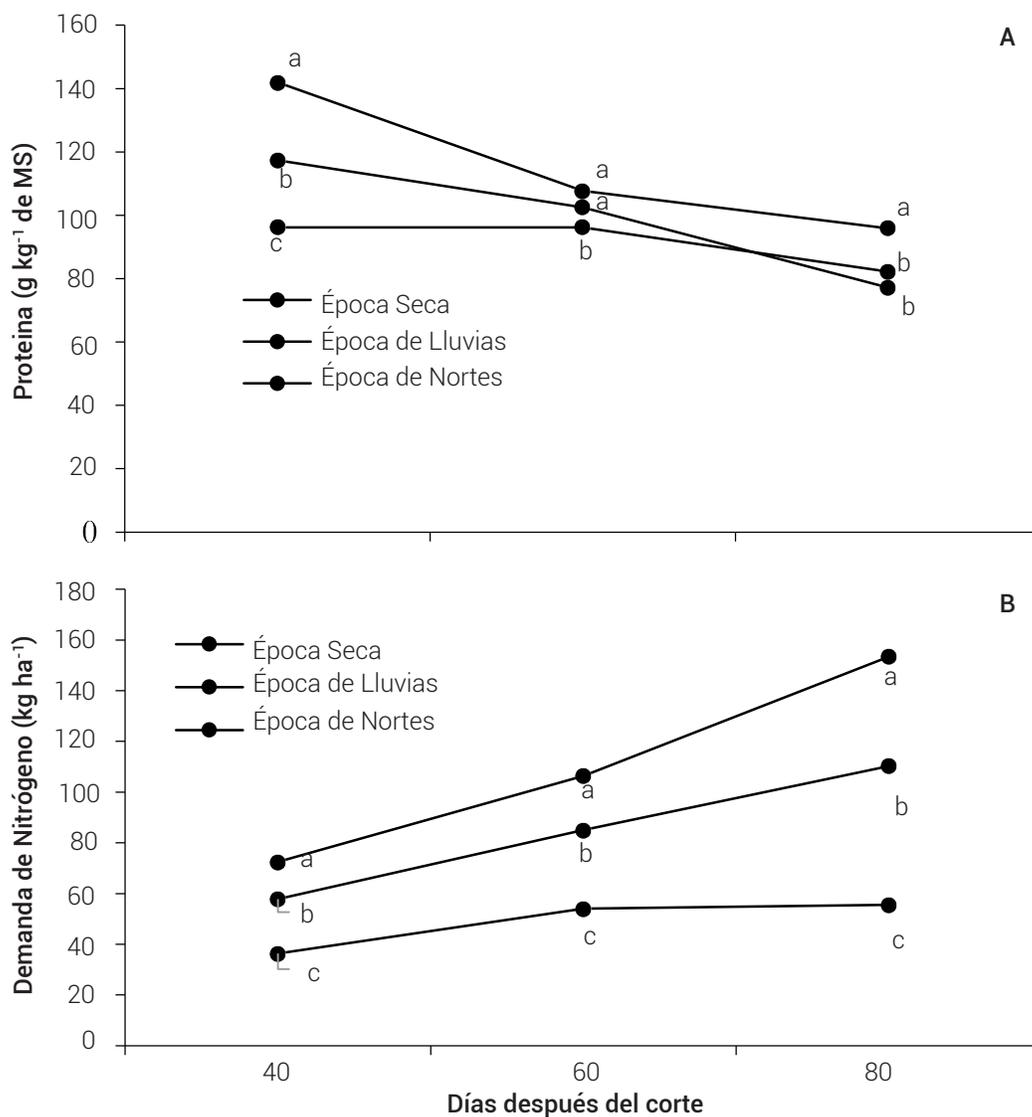


Figura 2. Concentración de proteína (A) y demanda de nitrógeno (B) en tres épocas del año dentro de tres edades al corte del pasto Taiwán.

Cuadro 3. Concentraciones de proteína y demanda de nitrógeno (DN) del pasto Taiwán en tres edades al corte, con y sin fertilización.

Edad al Corte (días)	Fertilización	Época seca		Época de lluvias		Época de nortes	
		Proteína (g kg <sup>-1</sup> MS)	DN (kg ha <sup>-1</sup> )	Proteína (g kg <sup>-1</sup> MS)	DN (kg ha <sup>-1</sup> )	Proteína (g kg <sup>-1</sup> MS)	DN (kg ha <sup>-1</sup> )
40	Fertilizado <sup>†</sup>	122.95 a	44.41 a	110.45 a	94.26 a	153.99 a	66.91 a
	Sin Fertilizar	111.81 b	28.25 b	81.91 b	50.70 b	129.86 b	48.68 a
60	Fertilizado	107.07 a	61.15 a	103.51 a	116.00 a	114.14 a	101.75 a
	Sin Fertilizar	97.96 b	46.96 b	88.78 a	96.74 a	101.27 b	68.28 b
80	Fertilizado	80.43 a	66.39 a	85.97 a	178.97 a	101.05 a	132.37 a
	Sin Fertilizar	73.99 a	44.80 b	78.36 b	127.80 b	90.66 b	88.19 b
Media		99.03	48.66	91.50	110.75	115.16	84.36

Medias con letras iguales en la columna y para una misma edad al corte no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). <sup>†</sup>: fertilizado con 300-100-200 kg de NPK.

**Cuadro 4. Tasas de crecimiento (TC) y tasas relativas de crecimiento (TRC) del pasto Taiwán en tres edades al corte, con y sin fertilización.**

Edad al Corte (días)	Fertilización	Época seca		Época de lluvias		Época de nortes	
		TC (kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	TRC (g g <sup>-1</sup> MS d <sup>-1</sup> )	TC (kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	TRC (g g <sup>-1</sup> MS d <sup>-1</sup> )	TC (kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	TRC (g g <sup>-1</sup> MS d <sup>-1</sup> )
40	Fertilizado <sup>†</sup>	54.26 a	0.191 a	130.57 a	0.213 a	56.77 a	0.192 a
	Sin Fertilizar	37.03 b	0.182 b	98.31 b	0.206 b	49.94 a	0.189 a
60	Fertilizado	68.05 a	0.024 b	137.38 a	0.0211 a	152.03 a	0.042 a
	Sin Fertilizar	71.13 a	0.034 a	119.97 a	0.023 a	101.60 b	0.035 a
80	Fertilizado	61.66 a	0.0148 a	190.22 a	0.019 a	173.87 a	0.025 a
	Sin Fertilizar	21.23 b	0.0068 b	177.81 a	0.022 a	118.06 b	0.023 a
Media		52.23	0.0757	142.38	0.0845	108.71	0.0848

Medias con letras iguales en la columna y para una misma edad al corte no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). <sup>†</sup>: fertilizado con 300-100-200 kg de NPK.

mayor con fertilización nitrogenada (200 kg ha<sup>-1</sup>). En la época de nortes la TC, a la edad de 40 días, es semejante entre plantas fertilizadas y no fertilizadas, con 53.35 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, en promedio. A la edad de 60 y 80 días las plantas fertilizadas registraron valores de 152.03 kg y 173.87 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, los cuales fueron superiores a 101.6 kg y 118.06 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> registrados en plantas no fertilizadas, en el mismo orden de edades. En la época de lluvias no hubo interacción (P > 0.05) edad al corte x fertilización. Las plantas fertilizadas registraron una TC superior en las tres edades al corte con respecto a las no fertilizadas (Cuadro 4). Tanto en plantas fertilizadas y no fertilizadas la TC aumentó con la edad. Con la fertilización los valores pasaron de 130.57 kg a 190.22 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de los 40 a los 80 días y de 98.31 kg a 177.81 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en plantas no fertilizadas.

Hubo interacción (P ≤ 0.01) edad al corte x fertilización en la época seca y de lluvias para la TRC del pasto Taiwán. En la época seca, las plantas fertilizadas mostraron una TRC superior a las no fertilizadas, con 0.009 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de MS (a los 40 días) y 0.008 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de MS (a los 80 días) (Cuadro 4). En la época de lluvias a los 40 días de edad hubo diferencias entre plantas fertilizadas y sin fertilizar, produciendo las plantas fertilizadas 0.007 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> más de MS. En la época de nortes no hubo diferencias en la TRC entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas en las tres edades de corte (Cuadro 4). Este bajo efecto de la fertilización sobre la TRC fue observado por Lopes *et al.* (2011) en *Panicum maximum* x *P. infestum* cv Massai. Esto muestra que al aumentar el RMSA la TRC disminuye, por decrecer la MS producida por gramo de MS presente en la planta. La literatura sostiene que la TRC es mayor en los primeros días de crecimiento. El patrón de respuesta (reducción) de la TRC a edades más avanzadas puede atribuirse al aumento del peso de la planta, ya que la TRC = (1 / W) (DW / dt) (Lopes *et al.*, 2011).

## CONCLUSIONES

La época del año tuvo efecto en el rendimiento de materia seca aérea y de la raíz de *P. Purpureum* cv. Taiwán. La concentración de proteína aumentó con la fertilización y disminuyó con la edad al corte, registrándose el valor mayor en la época de nortes. La demanda de nitrógeno fue mayor a mayor RMSA, sobretodo en la época de lluvias con suelo fertilizado. La fertilización aumentó la TC y la TRC. La TCR no varió entre plantas fertilizadas y sin fertilizar en la época de nortes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al MC. Francisco Meléndez Nava, por las facilidades otorgadas en el rancho Santa Rosa para el desarrollo experimental de este estudio; a los Laboratorios Agroindustrial Suelo, Planta y Agua y de Instrumentación Analítica del Colegio de Postgraduados Campus-Tabasco, por el apoyo en la realización de los análisis químicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, **Official Methods of Analysis of AOAC International** (2012) AOAC 53, 19<sup>th</sup> edition. International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Balabanli C., S. Albayrak and O. Yüksel (2010) Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the quality and yield of native rangeland. *Turkish Journal of Field Crops* 15:164-168, <https://doi.org/10.17557/TJFC.48483>
- Cerdas R. R. (2015) Comportamiento productivo del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes* 16: 2215-2458, <http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v16i33.19028>
- García-Ferrer L., E. D. Bolaños-Aguilar, J. Ramos-Juárez, M. Osorio-Arce y L. C. Lagunes-Espinosa (2015) Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6:453-468, <https://doi.org/10.22319/rmcp.v6i4.4105>
- Hunt R. (2003) Growth analysis, individual plants. In: Encyclopedia of Applied Plant Sciences. 2<sup>nd</sup> edition. B. Thomas, D. J. Murphy

- and B. G. Murray (eds.). Academic Press. London, UK. pp:421-429, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00226-4>
- Juárez J., E. D. Bolaños, L. M. Vargas, S. Medina y P. A. Martínez-Hernández (2011) Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 45:321-331, <https://www.researchgate.net/publication/265809363>
- Kozloski G. V., J. Perottoni and L. M. B. Sanchez (2005) Influence of regrowth age on the nutritive value of dwarf elephant grass hay (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) consumed by lambs. *Animal Feed Science Technology* 119:1-11, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.12.012>
- López-Collado C. J., G. E. De Dios-León, A. Guerrero-Peña, E. A. Ortega-Jiménez, A. Alonso-López y E. D. Bolaños-Aguilar (2018) Importancia de la fertilización en el manejo sustentable de pastos tropicales. *Agroproductividad* 11:130-133, <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/347>
- Lopes M. N., R. C. F. F. Pompeu, M. J. D. Cândido, C. F. de Lacerda, R. G. da Silva and F. R. B. Fernandes (2011) Growth index in massai grass under different levels of nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:2666-2672, <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200008>
- Morais R. F., D. M. Quesada, V. M. Reis, S. Urquiaga, B. J. R. Alves and R. M. Boddey (2012) Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Plant and Soil* 356:23-34, <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0944-2>
- Palacios-Díaz M. P., V. Mendoza-Grimón, J. R. Fernández-Vera and J. M. Hernández-Moreno (2013) Effects of defoliation and nitrogen uptake on forage nutritive values of *Pennisetum* sp. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23:566-574, <http://hdl.handle.net/10553/44362>
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. A. Rincón-Ramírez (2007) Suelos de Tabasco: Su Uso y Manejo Sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 199 p.
- Pardo-Aguilar N., E. D. Bolaños-Aguilar, L. C. Lagunes-Espinosa, J. F. Enríquez-Quiroz y A. Fragozo-Islas (2020) Efecto de una asociación pasto-leguminosa en el rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la pradera fertilizada con fósforo. *Agroproductividad* 13:53-60, <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1658>
- Rodríguez S. J. (1993) La fertilización de los cultivos: un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 287 p.
- Santiago O., T. C. Ramos, G. C. Victoria, G. J. Sandoval (2015) Season, fertilization and yield of varieties of *Pennisetum purpureum*. *Agrociencia* 49: 837-844, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30243055002>
- SAS Institute (2010) User's Guide: Statistics, version 9.3. SAS Inst. Inc. Cary, N. C. USA.
- Semaun R., J. Wati, B. Nohong, P. I. Khaerani and S. Hasan (2018) The effect of natural bioactivators on growth and nutrient content of Taiwan grass (*Pennisetum purpureum* schumach) in marginal soil. *International Journal of Scientific and Research Publications* 8: 2250-3153, <http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.8.10>
- Taiz L. and E. Zeiger (2012) Mineral nutrition. In: Plant Physiology. Fifth edition. Sinauer associates Inc., Publisher Massachusetts USA. pp:107-118.
- Ullah M. A., A. Maqsood and A. S. Rana (2010) Effect of nitrogen fertilization and harvesting intervals on the yield and forage quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) under mesic climate of pothowar plateau. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 47:231-234.