

Growth analysis of Toledo grass *Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) R.D. Webster in sub-humid warm climate

Análisis de crecimiento del pasto Toledo *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster en clima cálido subhúmedo

Calzada-Marín, Jesús M.¹; Enríquez-Quiroz, Javier F.^{2*}, Ortega-Jiménez, Eusebio³; Hernández-Garay Alfonso^{1,4}; Vaquera-Huerta Humberto¹; Escalante-Estrada, José A.¹; Honorato-Salazar, José A.⁴

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, México. ²Campo Experimental La Posta, INIFAP. Kilómetro 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México, 94277. ³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. ⁴Campo Experimental San Martinito, INIFAP.

*Autor de correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: Perform a growth analysis of Toledo grass (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) during de rainy season, from sowing to 180 days, to determine the optimum harvesting moment.

Design/methodology/approach: The morphological composition (CM), growth rate (GR), plant height, intercepted radiation (RI), leaf / stem ratio (L:S), leaf / non-leaf (L:NL), and biomass accumulation were evaluated every fifteen days during a 180 days period, except for the first two samples (monthly). Data were analyzed using the GLM procedure of SAS, under an experimental design of randomized blocks, with repeated measures over time, with three replicates.

Results: The CM varied significantly ($P \leq 0.01$) through the different physiological states. The maximum production of aerial biomass ($19.9 \text{ t DM ha}^{-1}$) and GR ($131.9 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$) were reached 150 days after sowing (dap) and that of leaves (3.9 t DM ha^{-1}) was at 135 dap. At this time the RI was 100% and the height of plant was 106 cm.

Limitations on study/implications: Toledo grass should be planted in the rainy season to be used when the canopy reaches a coverage greater than 80%, because the proportion of leaves decreases as the age of the plant progresses.

Findings/conclusions: The highest accumulated total biomass, so it is suggested that the cut be made at 135 days after planting.

Key words: Forage grasses, Toledo grass, growth, biomass production, plant height.

RESUMEN

Objetivo: realizar un análisis de crecimiento del pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) en la época de lluvias, desde la siembra hasta los 180 días, para determinar el momento óptimo de cosecha.

Diseño/metodología/aproximación: Se evaluó la composición morfológica (CM), tasa de crecimiento (TC), altura de planta, radiación interceptada (RI), relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH) y la acumulación de biomasa aérea, a intervalos de quince días, a excepción de los dos primeros muestreos que fueron mensuales. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones.

Resultados: La CM varió ($P \leq 0.01$) a través de los diferentes estados fisiológicos. La máxima producción de biomasa aérea ($19.9 \text{ t MS ha}^{-1}$) y TC ($131.9 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se alcanzó a los 150 días después de la siembra (dds), y la de hojas (3.9 t MS ha^{-1}) fue a los 135 dds, en este momento la RI fue del 100% y la altura de 106 cm.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El pasto Toledo debe ser sembrado a inicio de la época de lluvias para ser usado cuando la cobertura del suelo sea mayor a 80 %, debido a que la proporción de hojas decrece conforme avanza la edad de la planta.

Hallazgos/conclusiones: La máxima TC coincidió con la mayor biomasa total acumulada a los 135 (dds), por lo que se sugiere realizar el corte en este momento.

Palabras clave: Gramíneas forrajeras, pasto Toledo, crecimiento, producción de biomasa, altura de planta.

El crecimiento de los pastos involucra cuatro procesos primarios: aparición de hojas, aparición de tallos, formación de tallos verdaderos y aparición de raíces (Matthew *et al.*, 2001). El suelo y el clima tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto en su rendimiento. Sin embargo, la disponibilidad de los recursos ambientales está supeditada a factores como tipo de suelo, altitud, vientos y decisiones de manejo agronómico (Valentine y Matthew, 1999). La temperatura y la humedad son los dos factores del clima que más determinan el crecimiento de las plantas a través del año (da Silva y Carvalho, 2005; Radulovich, 2000). Se ha reportado que con poca disponibilidad de humedad y temperaturas bajas; la tasa de crecimiento de los pastos es lenta (Macedo *et al.*, 2012), retardando el momento de la cosecha. Por tal motivo, el análisis de crecimiento vegetal, constituye una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa, determinada por los factores internos de la planta y por el ambiente en que se desarrolla (Rodríguez y Larqué-Saavedra, 1988). La presente investigación se planteó con el objetivo de realizar un análisis de crecimiento del pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) para determinar el momento fisiológico óptimo de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se efectuó en el Sitio Experimental "Papaloapan" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Isla, Veracruz, México, localizado a los $18^\circ 06' \text{ LN}$ y los $95^\circ 31' \text{ LO}$ y altitud de 65 msnm. El clima, de acuerdo con la clasificación climática de

INTRODUCCIÓN

En México, la región tropical comprende 28% del territorio nacional, 56 millones de hectáreas (Calderón *et al.*, 2007). El 75% de dicha superficie se dedica a la ganadería, constituida en un 50% de agostaderos y praderas nativas, 25% de praderas inducidas y el resto son praderas introducidas; sin embargo, el índice de productividad de carne y leche del país es bajo con valores de 35% y 16%, respectivamente (Hernández-Garay *et al.*, 2006). La adopción de diversos cultivares del género *Urochloa*, en algunas regiones de México y en países de Centroamérica, han permitido aumentar la productividad animal de 26% en leche y 5% en carne, por el alto rendimiento y calidad del forraje (Argel, 2006). En México las especies del género *Urochloa* más utilizados son: *U. brizantha* (A. Rich Stapf) CIAT 6780 cv. Insurgente, *U. decumbens* Stapf CIAT 606 cv. Chontalpo y *U. humidicola* (Rendle) Schweick CIAT 679 cv. Chetumal (Enríquez *et al.*, 2011).

El pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) es un cultivar con potencial para ser utilizado en las zonas tropicales de México. Se derivó directamente de la accesión *U. brizantha* CIAT 26110, y se adapta a condiciones de trópico subhúmedo con períodos de sequía de 5 a 6 meses. Se desarrolla bien en suelos ácidos de mediana a buena fertilidad. En la época seca mantiene mayor proporción de hojas verdes y mayor producción de materia seca que el cv. Insurgente, se establece por medio de semilla gámica y también se propaga con material vegetativo. (Argel, 2000; Hare *et al.*, 2009).

El establecimiento de praderas tiene el objetivo de renovar las pasturas existentes o introducir nuevas especies o cultivares a los sistemas de producción. El establecimiento comprende varias etapas, desde la preparación del terreno hasta que la pradera se encuentra lista para ser utilizada, mediante corte o pastoreo (Hampton *et al.*, 1999). El manejo inicial de la nueva pradera es importante para mantener la población de plantas que han emergido y que éstas sean capaces de regenerarse (Hampton *et al.*, 1999).

Köppen, modificada por García (1988), es Aw_o , el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y una precipitación promedio de 1,000 mm, de la cual el 85% ocurre de junio a noviembre, la temperatura media anual es de 25.7 °C. El suelo es acrisol órtico de textura franco arenosa, con pH de 4 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio y contenidos medios altos de fósforo y magnesio (Enríquez-Quiroz y Romero-Mora, 1999).

El experimento se estableció el 22 de julio del 2011 y las evaluaciones se hicieron del 24 de agosto del mismo año al 23 de enero del 2012. Se sembró el pasto en parcelas de 5 m de ancho por 16 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con semilla botánica que se colocó en líneas, con separación de 0.50 m, a una densidad de 14 kg ha⁻¹. Se aplicó una dosis de fertilizante de 120-80-00 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅, respectivamente; la cual se dividió en dos aplicaciones, a los 43 y 112 días después de la siembra.

Se evaluaron diferentes estadíos de crecimiento a los 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días después de la siembra (dds), mediante muestreos destructivos; en cada estadío se cosecharon, a ras del suelo y al azar, dos transectos de 1 m lineal por parcela. El material cosechado se pesó para obtener el peso fresco total del transecto y se tomó una submuestra del material cosechado, se pesó nuevamente en fresco y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, para obtener la materia seca producida.

Del material cosechado se tomó otra submuestra de 200 g, se separó en hojas, tallos, inflorescencias y material muerto. Cada submuestra se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y se pesaron para obtener la proporción de cada componente. Las relaciones hoja/tallo (H:T) y hoja/no hoja (H:NH), se estimaron para cada estadío de crecimiento. La H:T resultó de dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos. Para el caso de la relación hoja/no hoja, la materia seca total de hojas, se dividió entre la sumatoria de la materia seca de tallos, inflorescencias y material muerto. Con los datos de rendimiento de forraje por corte o estadío se calculó la tasa de crecimiento (TC) mediante la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{FC}{t}$$

Dónde:

FC=Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹) y

t=Días transcurridos entre corte y fecha de siembra.

Se tomaron cinco lecturas al azar de la radiación interceptada (RI) en las edades de desarrollo en cada parcela con una regla de 1 m, graduada en centímetros, colocándola a nivel de suelo y en posición perpendicular a los surcos. Las lecturas se realizaron a las 12:00 h, con la finalidad de estimar o captar la energía de los rayos solares en posición perpendicular al cultivo. Para ello, se asume que la luz incidente sobre la regla, es la que escapa a la intercepción por el cultivo y la sombra proyectada sobre la regla corresponde a la radiación interceptada por el dosel vegetal (Adams y Arkin, 1977).

Para estimar la cobertura se utilizó un cuadro de 1 m², el cual representa el 100% de la superficie. La superficie ocupada por el forraje, dentro del cuadro, se expresó como la proporción que cubría en dicho cuadro. Se realizaron cinco mediciones por parcela en cada etapa de crecimiento. Al igual, para medir la altura de la pradera, se efectuaron cinco mediciones aleatorias en cada unidad experimental colocando la regla en el suelo y se registró la altura cuando se tuvo el punto de contacto con la hoja más joven (Toledo y Schultze-Kraft, 1982).

Los datos se analizaron por los procedimientos GLM de SAS (2002), para un diseño experimental de bloques al azar con medidas repetidas, con 10 tratamientos (correspondientes a igual número de estadíos de crecimiento) con tres repeticiones y un análisis de regresión para cada variable, con el objetivo de describir la tendencia, a partir de seleccionar el mejor modelo, de acuerdo con el coeficiente de determinación y con el grado de significancia del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación pluvial acumulada durante el periodo de evaluación (julio de 2011 a enero de 2012) fue de 1,434 mm (Figura 1), valor muy cercano al de precipitación pluvial del sitio de colecta del cv. Toledo, que es de 1,710 mm Argel (2000), lo cual indica que no hubo escasez de humedad durante el establecimiento. La temperatura promedio durante el periodo experimental fue de 25.0 °C, ligeramente por debajo de la media anual reportada por Enríquez-Quiroz y Romero-Mora (1999). La temperatura máxima fue mayor a 30 °C, a la cual las gramíneas tropicales tienen altas tasas de crecimiento, y crecen

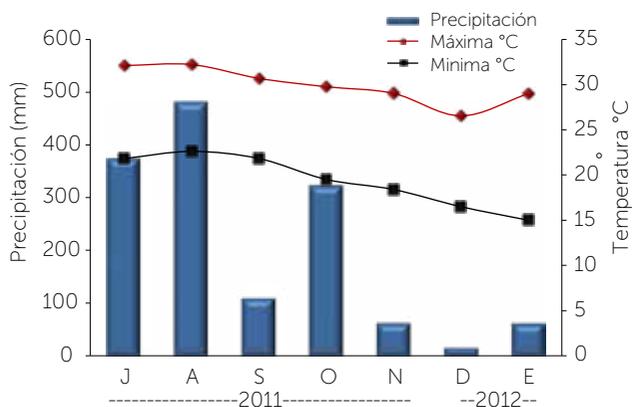


Figura 1. Distribución de la precipitación y temperaturas máxima y mínima, durante el periodo de estudio en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz, México.

menos que a temperaturas de 15 a 17 °C (da Silva *et al.*, 2008); esta última condición ocurrió en los meses de diciembre y enero.

La acumulación de peso seco total del forraje y por componente en el pasto Toledo varió significativamente ($P \leq 0.01$) debido a la edad de rebrote (Figura 2). Los modelos de regresión que mejor se ajustaron fueron polinomios de tercer grado y los coeficientes de determinación fueron con valores de $R^2 > 0.90$, para cada una de las variables estudiadas.

En la curva de crecimiento del pasto Toledo (Figura 2), durante el establecimiento de la pradera, se observa que la biomasa total se incrementó hasta llegar a 19.9 t de MS ha^{-1} a los 150 dds. Posteriormente hubo una disminución de la biomasa. En esta etapa del rebrote también ocurre la mayor producción de biomasa de tallos, mientras que la mayor biomasa de hojas ocurrió a los 135 dds. Esta tendencia también ha sido reportada por Calzadamarín (2014) y Araya y Boschini (2005) en diversos cultivares de pastos de la especie *Pennisetum purpureum*. La disminución de biomasa se debe al incremento

en la senescencia de las hojas. La disminución de la biomasa se presenta cuando la senescencia y la descomposición superan a la producción de hojas (Hodgson 1990; Hernandez *et al.*, 1999). La disminución de la acumulación neta de forraje también ha sido observada en pastos de clima templado, esto sucede cuando las plantas alcanzan el índice de área foliar óptimo, momento en el que se incrementa el sombreado en las capas inferiores del dosel, ocasionando que la senescencia sea mayor al crecimiento de las hojas (Chapman y Lemaire, 1993). La senescencia en hojas se presenta debido a una pérdida gradual en la actividad fotosintética, que conduce a una degeneración y muerte de tejido, no sólo por efecto de la edad, sino también por efecto de las condiciones ambientales y de manejo (Azumí y Watanabe, 1991).

La altura del dosel de la pradera y la intercepción luminosa son dos características de la pradera que se relacionan con la producción de forraje, las cuales son fáciles de medir (da Silva y Nascimento, 2007). En el crecimiento

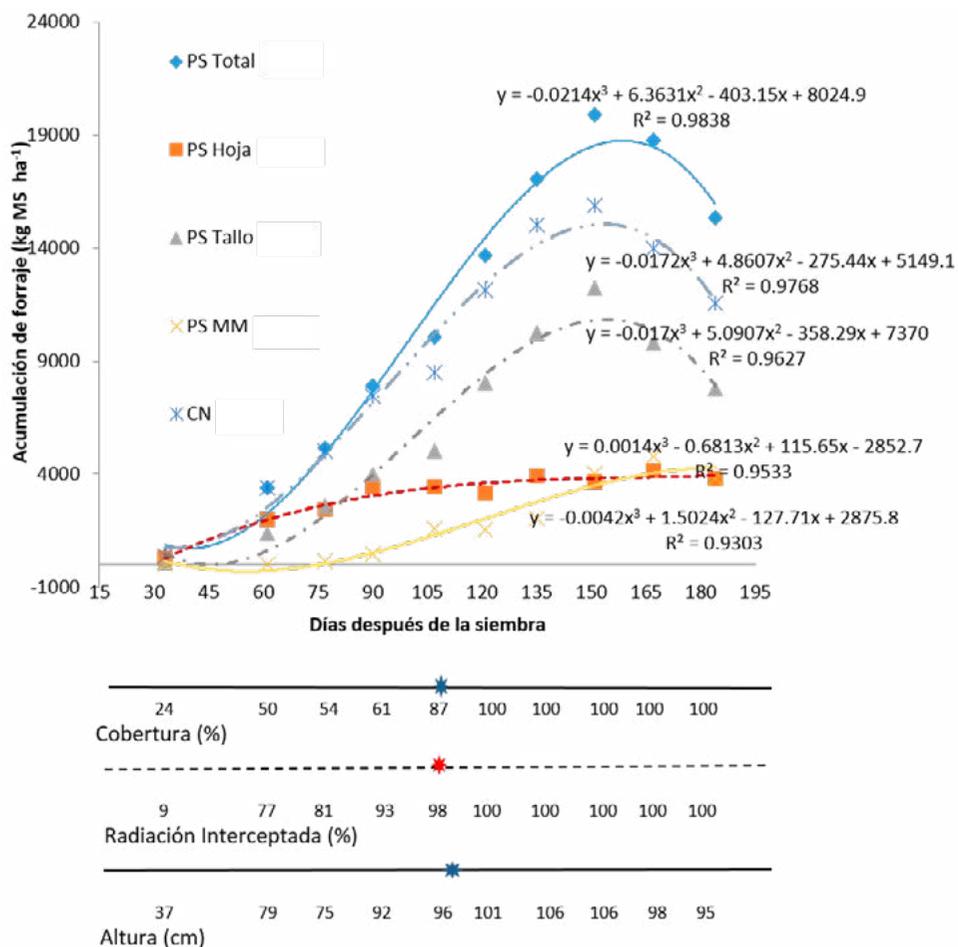


Figura 2. Dinámica de acumulación de forraje total, por componente morfológico, altura de la planta, radiación interceptada y porcentaje de cobertura del pasto Toledo durante el periodo experimental. Peso seco total (PS Total), Peso seco de hoja (PS Hoja), Peso seco de tallo (PS Tallo), Peso seco de material muerto (PS MM), Crecimiento neto (CN).

de pasto Toledo, la pradera tiene la mayor producción de forraje a una altura de 106 cm e interceptación luminosa del 100%.

La tasa de crecimiento del pasto Toledo fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.01$) por efecto de la edad del rebrote. El modelo al cual se ajustó la tasa de crecimiento es un polinomio de tercer grado (Figura 3). La tasa de crecimiento se incrementó desde la emergencia de plantas hasta llegar a un máximo de $132 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ a los 150 dds. El crecimiento de las plantas depende de la captación fotosintética de CO_2 y de la síntesis de foto asimilados (Pérez et al., 2004). Dado que las hojas son el principal órgano fotosintético, a medida que la planta acumula más área foliar, se incrementa la capacidad de capturar energía solar y CO_2 , de tal forma que se alcanza la tasa de crecimiento máxima (Ramírez et al., 2010). Además, hay que considerar que altas tasas de crecimientos están relacionadas con mayor cantidad de raíz (Beltrán et al., 2005), y plantas con raíces grandes son más vigorosas. La disminución del crecimiento es por la disminución de la tasa de fotosíntesis neta por unidad de superficie e incremento gradual de la senescencia (Beltrán et al., 2005).

La cantidad y calidad del forraje producido por los pastos están, en gran medida, influenciadas por la morfología de la planta, y es por ello que el desarrollo morfológico de las plantas forrajeras perennes, constituye un factor a considerar en la adopción de prácticas adecuadas en el manejo del potrero (Moore y Hatfield, 1994). Los cambios en la composición morfológica del pasto Toledo se muestran en la Figura 4. A los 30 dds había 71% de hoja y 29% de tallos, al aumentar la edad del rebrote la proporción de hoja disminuyó, aumentó la proporción de tallos y a los 77 dds hubo pérdidas por material muerto, el cual

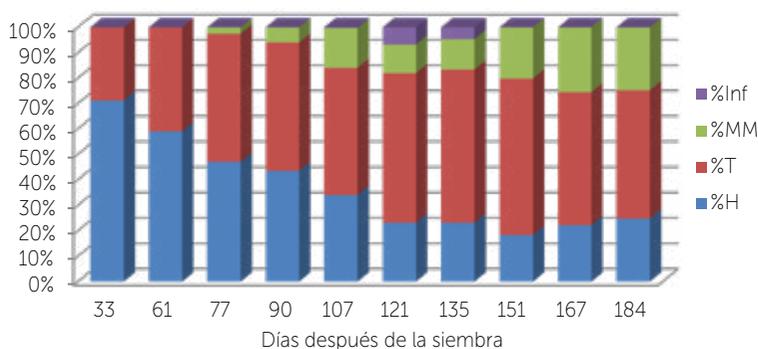


Figura 4. Cambios morfológicos en pasto Toledo en diferentes estadios de crecimiento durante el establecimiento. % de inflorescencias (% Inf), % Material muerto (%MM), % de Tallo (% T), % de Hoja (%H).

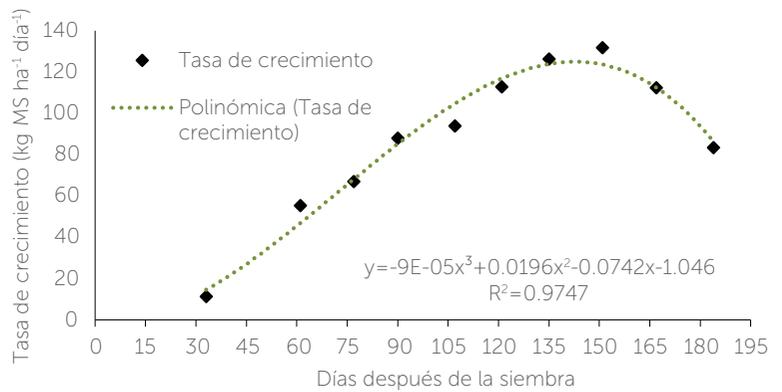


Figura 3. Cambios en la tasa de crecimiento, a través del tiempo, del pasto Toledo durante el establecimiento. Isla, Veracruz, México.

se incrementa con la edad del rebrote, de tal manera que para los 121 dds había 23, 59, 11 y 7% de hoja, tallo, material muerto e inflorescencias. Esto es similar a lo reportado por varios investigadores en especies de clima templado (Velasco et al., 2002) y tropical (Calzada-Marín et al., 2014; Pérez et al., 2004).

La relación H:T y H:NH se ajustó a un modelo potencial. Ambas variables disminuyeron conforme se incrementó la madurez del pasto (Figura 5). Los valores de la relación H:T variaron de 2.57 a 0.32 y para H:NH fue de 2.57 a 0.23. La disminución en el valor de estas variables se debió al incremento de la biomasa de tallos y material muerto (Figura 2), tal como han descrito varios investigadores (Velasco et al., 2002; Calzada-Marín et al., 2014; Pérez et al., 2004).

La morfología y la etapa fisiológica, en la que se encuentra la planta forrajera, al momento de la primera cosecha, es de suma importancia, debido a que de esto dependerá la persistencia y el vigor de rebrotes ulteriores (Pérez et al., 2004). No obstante, el momento de la primera cosecha en el establecimiento de una pradera varía debido a que hay diferentes criterios. Un criterio

es la edad del rebrote. De acuerdo con Argel (2000), dadas las características del vigor de las plántulas del pasto Toledo y crecimiento inicial agresivo se puede hacer el primer pastoreo entre los 3 o 4 meses después de la siembra. Hare et al. (2009) sugieren que sea a 105 dds, como se observa que éste varía mucho debido a que el crecimiento del pasto depende de las condiciones ambientales por lo que es difícil de homogeneizar el criterio para el primer aprovechamiento de la pradera. De acuerdo a los resultados de este estudio, en ninguna de las tres fechas propuestas se alcanza la mayor

producción de forraje (Figura 2) ni la tasa de crecimiento más alta (Figura 3), dado que esto ocurrió entre los 135 y 150 dds. Otro criterio para realizar el corte es la radiación interceptada (da Silva y Hernandez 2010; da Silva y Nascimento (2007). Para el caso de praderas ya establecidas en producción, da Silva y Hernández (2010) argumentan que el punto óptimo para cosechar una gramínea tropical es cuando alcanza el 95% de intercepción luminosa, ya que es cuando se obtiene la mayor aportación de hojas al rendimiento y es por lo tanto, el punto óptimo de crecimiento, es decir que el crecimiento de las hojas se iguala a la senescencia de las mismas, por lo que se evita la acumulación de material muerto al realizar el corte en este momento (Da Silva y Nascimento, 2007). En el presente estudio, donde se evaluó el crecimiento desde la siembra del pasto Toledo, se encontró que la mayor biomasa acumulada total, de hojas y la mayor tasa de crecimiento (Figura 2 y 3) se obtuvieron en la misma fecha, entre los 135 y 150 dds, cuando la RI fue de 100%, y el dosel de la pradera tenía una altura de 106 cm. Al respecto, Bullock *et al.* (1988), indicaron que la hoja y sus rasgos característicos, son importantes en la asimilación del carbono, las relaciones hídricas y el equilibrio energético de la planta y, es por esto, que la velocidad de crecimiento del cultivo, está en relación directa con la cantidad de radiación interceptada por el mismo.

CONCLUSIONES

Debido a la dinámica de crecimiento del pasto Toledo, se recomienda realizar el primer aprovechamiento (corte, pastoreo, henificado) cuando el pasto tiene su mayor tasa de crecimiento y acumulación de biomasa total de hojas, lo cual ocurre cuando la pradera tiene una altura de 106 cm y un índice de RI del 100%, a los 135 dds de edad, aunque ésta puede variar dependiendo de las condiciones ambientales.

LITERATURA CITADA

Adams J.E., Arkin G.F. (1977). A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Society of American Journal*. 4(14), 789-792.

Araya M.M., Boschini F.C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 6(1), 37-43.

Argel P.J. (2006). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. CIAT. San José Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 14(2), 65-72.

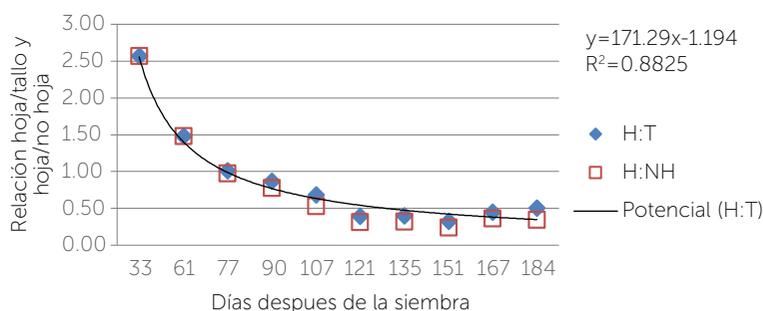


Figura 5. Cambios a través del tiempo en la relación hoja/tallo (H:T) y hoja/no hoja (H:NH) del pasto Toledo, durante el establecimiento. Isla, Veracruz, México.

Argel P.J. (2000). Pasto Toledo, nuevo cultivar para zonas tropicales de América. *Pasturas Tropicales*. 22(3), 38-39.

Azumí Y., Watanabe A. (1991). Evidence for a senescence-associated gene induced by darkness. *Plant Physiology*. 95:577-583.

Beltrán L.S., Hernández G.A., García M.E., Pérez P.J., Kohashi S.J., Herrera H.J.G., Quero C.A.R. y González M.S.S. (2005). Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia*. 39(2),137-147.

Bullock D.G., Nielsen R.L., Nyquist W.E. (1988). A growth analysis of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*. 28: 254-258.

Calderón R.R.C., Hernández V.J.O., Olazarán J.S., Ramírez G.J.J.M., Rosete F.J.V., Ríos U.A., Galaviz R.J.R., Vega M.V.E., Castañeda M.O.G., Aguilar B.U., Lagunes L.J. (2007). Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Libro Técnico Num.18. Sitio Experimental Las Margaritas. Campo Experimental La Posta. INIFAP. CIRGOC. Puebla, México.

Calzada-Marín J.M., Enríquez-Quiroz J.F., Hernández-Garay A., Ortega-Jiménez E., Mendoza-Pedroza S.I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(2), 247-260.

Chapman D.F., Lemaire G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. Palmerston, New Zealand. SIR Publ., Wellington, New Zealand. 95-104.

Da Silva S.C., Carvalho P.C. de F. (2005). Foraging behavior and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. *In: Proceedings of the XX International Grassland Congress-Grassland a Global Resource*. University College. Dublin, Ireland. 81-95.

Da Silva S.C., Nascimento Júnior D. (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36.(suplemento especial): 121-138.

Da Silva S.C., Hernández G.A. (2010). Manejo del pastoreo en praderas tropicales. *In: Los Forrajes y su Impacto en el Trópico* (pp. 63-95). Velasco ME (ed). UNACH, Chiapas, México.

Da Silva S.C., Nascimento Júnior D., Batista E.V.P. (2008). Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo. Ed. Viçosa -MG. Viçosa, Brasil.

Enríquez Q, J. F., Meléndez N. F., Bolaños A. E. D. y Esqueda E.V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. INIFAP. Centro de

- Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental La Posta. Libro Técnico Núm. 28. Veracruz, México.
- Enríquez-Quiroz J.F., y Romero-Mora J. (1999). Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia*. 33(2),141-148.
- García E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª ed. Instituto de Geografía, UNAM; D. F., México.
- Hampton J.G., Kemp P.D., White J.G.H. (1999). Pasture Establishment. *In*: White J and Hodgson J [ed.]. *New Zealand Pasture and Crop Science* (pp. 101-115). Ed. Oxford University Press. Auckland, New Zealand.
- Hare M.D., Tatsapong P., Phengphet S. (2009). Herbage yield and quality of *Brachiaria* cultivars, *Paspalum atratum* and *Panicum maximum* in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*. 43: 65-72.
- Hernández G.A., Matthew C., Hodgson J. (1999). Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*. 54:347-356.
- Hernández-Garay A., Ramírez R.O., Pérez P.J. (2006). Producción y manejo de praderas tropicales. III Simposio Internacional en Producción Animal. Acapulco, Guerrero, México. 54-63 pp.
- Hodgson J. *Grazing Management*. (1990). Science into Practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Macedo P.J.R., Menezes S.P., Campos M.F., Coelho de A.L., Gomes da C.P. (2012). Dry matter production of Tanzania grass as a function of agrometeorological variables. *Pesq. Agropec. Bras*. 47(4), 471-477.
- Matthew C., Van Loo E.N., Thom E.R., Dawson L.A., Care D.A. (2001). Understanding shot and root development. *In*: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress. Brazilian Soc. Animal Husbandry. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. 19-27 pp.
- Moore K.J., Hatfield R.D. Carbohydrates and Forage Quality. (1994). *In*: Fahey GC. (ed.) *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Madison, Wisconsin, USA. 229-280 pp.
- Pérez A.J.A., García M.E., Enríquez Q.J.F., Quero C.A.R., Pérez P.J., Hernández G.A. (2004). Análisis de Crecimiento, Área Foliar Específica y Concentración de Nitrógeno en hojas de pasto "Mulato" (*Brachiaria híbrido* cv.). *Tec. Pec. México*. 42(3), 447-458.
- Radulovich R. (2000). Sequential cropping as a function of water in a seasonal tropical region. *Agronomy Journal*. (92):860-867.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Da Silva S.C., Pérez P.J., Souza J.S.J, Castro R.R., Enríquez Q.J.F. (2010). Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12: 303-311.
- Rodríguez Z.C., Larqué-Saavedra A. (1988). Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia* 71:401-416.
- SAS. SAS (2002). *User's Guide: Statistics* (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Toledo J. M., Schultze-Kraf R. (1982). Metodología para la evaluación de pastos tropicales. *En*: Toledo, J. M., ed. *Manual para la Evaluación Agronómica*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT. (pp. 91-110). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Valentine I., Mathew C. (1999). Plant growth, development and yield. *In*: White J, Hodgson J. (ed.). *New Zealand Pasture and Crop Science* (pp.11-27). Ed. Oxford University Press. Auckland, New Zealand.
- Velasco Z.M.E., Hernández-Garay A., González-Hernández V.A., Pérez P.J., Vaquera H.H. (2002). Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(1), 97-106.

