

ACUMULACIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA E INTERCEPCIÓN LUMINOSA EN TRIGOS (*Triticum* sp.)

FODDER ACCUMULATION, MORPHOLOGICAL COMPOSITION AND
LIGHT INTERCEPTION IN WHEAT (*Triticum* sp.)

Wilson-García, C.Y.¹, López-Zerón, N.E.², Ortega-Cerrilla, M.E.³, Crosby-Galván, M.M.³,
Rojas-García, A.R.⁴, Hernández-Garay, A.^{3†}

¹Universidad Autónoma Chapingo, km 5.5 San Luis Acatlán-Tlapa, San Luis Acatlán, Guerrero C.P. 41603 claudiawilson@colpos.mx; ²CBTA 178 Vicente Guerrero Saldaña, San Luis Acatlán Horcasitas km 5, playa Larga, San Luis Acatlán, Guerrero C.P. 41603, lopez.nelson@colpos.mx; ³Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México C. P. 56230, meoc@colpos.mx, maria@colpos.mx, hernan@colpos.mx; ⁴Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica de medicina veterinaria y zootecnia No. 2, Cuajinicuilapa, Guerrero.

*Autor para correspondencia: rogarcia05@hotmail.com

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron realizar las curvas de acumulación de forraje y componentes morfológicos e intercepción luminosa para determinar el momento óptimo de corte para forraje verde de tres líneas y una variedad de trigo (*Triticum* sp.). Se realizaron cosechas a intervalos de 7 d, después de 43 d de la siembra (DDS). En cada cosecha se registró la altura promedio de 20 plantas, la radiación interceptada (RI), acumulación de materia seca, composición morfológica e índice de área foliar (IAF). La unidad de muestreo fue un cuadro de 0.45 m². Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS, para un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. El momento óptimo de corte para forraje se encontró en el "encañe", ya que en este estado de desarrollo es cuando se registraron los más altos rendimientos de hojas, IAF, y las más altas intercepciones luminosas. La RI, el IAF y la altura pueden ser utilizados para determinar el momento óptimo de cosecha para trigos para producir forraje.

Palabras clave: cereales, radiación interceptada, etapa fenológica, crecimiento.

ABSTRACT

The objectives of the study were to perform the fodder accumulation curves and morphological components and light interception to determine the optimal moment of cutting for green fodder of three lines and one wheat variety (*Triticum* sp.). Harvests were performed at intervals of 7 d, 43 days after sowing (DAS). In each harvest the average height of 20 plants was recorded, the intercepted radiation (IR), dry matter accumulation, morphological composition, and leaf area index (LAI). The sampling unit was a square of 0.45 m². The data were analyzed with the GLM procedure of the SAS software, for an experimental design in completely random blocks with arrangement of divided plots and three repetitions. The optimal moment of cutting for fodder was found in the "staging", since in this state of development is when the highest leaf yields were found, LAI, and the highest light interceptions. The IR, the LAI, and the height can be used to determine the optimal moment of harvesting for wheats used to produce fodder.

Keywords: cereals, intercepted radiation, phenological stage, growth.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* sp.) es la especie con mayor antigüedad sembrada por el hombre y la más cultivada en la actualidad a nivel mundial; debido a su adaptabilidad a ambientes y suelos muy diversos (Hernández-Córdova *et al.*, 2015). Se puede utilizar como un cultivo de doble propósito ya que se ha encontrado que las variedades con mejor producción de forraje, pueden presentar los mejores rendimientos de grano (Bainotti *et al.*, 2005). En países como Argentina y Uruguay el trigo forma parte de los llamados verdes de invierno donde junto con la avena (*Avena fatua*), cebada y triticale son utilizados en la alimentación de ganado de carne y leche, aportando forraje en la época donde las especies forrajeras perennes presentan los más bajos rendimientos (Pagliaricci *et al.*, 2000). Las curvas de acumulación de forraje son una herramienta útil que permiten comprender el crecimiento vegetal y seleccionar especies y variedades forrajeras (Sevilla *et al.* 2001); al ser acompañadas con los cambios en la composición morfológica, a intervalos de tiempo específi-

cos, se puede determinar que genotipos presentan el mayor aporte de hojas y la contribución de tallos, material muerto y espigas al rendimiento total. Juskiw *et al.* (2000) realizaron estudios en plantas perennes y coincidieron en que el mayor valor nutrimental de las plantas está asociado a mayor presencia de hojas éste fenómeno se presenta cuando las plantas interceptan el 95% de la radiación interceptada (RI), porque el crecimiento neto es maximizado, asimismo, sí se relaciona el 95% de RI con la altura de planta se tiene un criterio práctico para identificar momentos óptimos de corte en plantas para forraje perenne (Silva y Nascimento Jr., 2007; Da Silva y Hernández-Garay, 2010). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue realizar las curvas de acumulación de forraje, composición morfológica e interceptación luminosa para determinar el comportamiento productivo y el momento óptimo de cosecha del forraje verde para tres líneas y una variedad de trigo (*Triticum* sp.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en condiciones de campo en el ciclo de invierno-primavera 2012-2013 (EIP1) e invierno-primavera 2013-2014 (EIP2), en el Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México (19° 29' LN, 98° 54' LW y 2250 m). El suelo fue migajón arenoso, con pH de 7.8, con 2.4% de materia orgánica (Ortiz, 1997). El clima del lugar es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 645 mm y 15 °C, respectivamente (García, 2004). Los datos de la temperatura del aire y precipitación pluvial se obtuvieron de la Estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo (Cuadro 1).

Se evaluaron las líneas de trigo (*Triticum* sp) V7, V13 y V16 y la variedad Nana. La siembra del EIP1 se realizó el 5 de diciembre de 2012 y la de EIP2 el 4 de diciembre de 2013; la densidad de siembra utilizada fue de 100 kg ha⁻¹. La fertilización fue 40N-40P-00K en la siembra y 40 unidades de nitrógeno al inicio del amacollamiento. Las parcelas experimentales fueron regadas cada dos semanas a capacidad de campo.

Altura promedio de las variedades evaluadas

Antes del corte, por repetición se registraron 20 alturas de plantas elegidas al azar, con una regla de 1.5 m de longitud.

Radiación interceptada (RI)

Previo al corte, se tomaron al azar cinco lecturas, de la cantidad de radiación solar interceptada por las plantas

Cuadro 1. Promedio mensual de temperaturas máximas y mínimas, precipitación y número de heladas. Estación Meteorológica Universidad Autónoma Chapingo.

Mes	Temperaturas (°C)				Precipitación (mm)		Heladas (número)	
	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima				
Diciembre	23.5	3.1	23.6	4.4	0	0.9	25	17
Enero	22.6	4.4	21.4	2.2	0	2.6	18	25
Febrero	26	4.4	25.6	4	2.8	2.4	15	12
Marzo	24.9	5	26.5	7.2	1.6	27.7	18	5
Abril	27.9	9.1	27.3	8.4	23	20.1	3	3
Total	-	-	-	-	27.4	53.7	79	62

dentro de cada unidad de muestreo con un ceptómetro modelo LP-80 (Decagon Devices, Inc.), a las 12:00 horas del día.

Acumulación de forraje

A partir de los 43 días después de la siembra (DDS) se recolectaron muestras del forraje a intervalos de 7 d, hasta que los genotipos alcanzaron la madurez fisiológica. La unidad de muestreo fue un cuadro de 0.45 m², dentro del cual se cortaron todas las plantas de trigo a una altura de 12 cm sobre el nivel del suelo. El forraje cosechado se lavó y secó hasta peso constante, en una estufa de aire forzado a 55 °C. Con el peso seco se calculó el rendimiento de forraje por hectárea (Kg MS ha⁻¹). Se identificaron los estados de desarrollo principales de los genotipos, utilizando la escala de Zadoks *et al.* (1974).

Composición morfológica del forraje cosechado

Para estimar los componentes morfológicos, se tomó una submuestra de 100 g de forraje, misma que se separó en hojas, tallos, espigas y el material muerto. Cada componente se colocó en bolsas de papel identificadas y se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C, hasta peso constante y se pesaron. Se estimó el peso seco en kg ha⁻¹ de cada componente.

Índice de Área Foliar (IAF)

Previo a determinar la materia seca de las hojas, se les midió su área foliar con un integrador modelo LI-3100 (LI-COR, inc.). El IAF se estimó con los datos de área foliar por tallo y el área de la unidad de muestreo.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados

con el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows). Los tratamientos experimentales fueron los cuatro genotipos de trigo. La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) se utilizó para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el EIP1, la máxima acumulación de forraje registrada, para todas las variedades se encontró a los 84 DDS, con rendimientos de 4,319; 3,768; 3,427 y 1,752 kg ha⁻¹ para trigo Nana, V13, V16 y V7, respectivamente ($p \leq 0.05$), cuando Nana se encontraba en el estado de espigamiento (52, Zadocks) y V13, V16 y V7 en encañe (32-36, Zadocks). Esta fue la última fecha de muestreo debido a la muerte de las plantas causada por una helada. Mientras que para el ciclo EIP2 los valores encontrados fueron de 3,779; 3,503; 2,912 y 2,543, para la misma fecha y genotipos, mencionados; por lo que, los trigos Nana, V13 y V16 disminuyeron su rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) del EIP1 al EIP2 en 12.5%, 7% y 15%; mientras que V7 lo incrementó en 45% (Figura 1). Sin embargo, la máxima acumulación de forraje para trigo Nana se encontró a los 112 DDS con 8,414 kg MS ha⁻¹, mientras que para V13, V16, y V7 fue a los 126 DDS con 12,047, 9,290 y 9,211 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p < 0.05$).

Los genotipos de trigo Nana, V13, V16 y V7 mostraron en algunas fechas de corte, mayor rendimiento de materia seca en el EIP1 vs EIP2, a pesar de la mayor presencia de heladas (79 contra 72). Posiblemente relacionado a que éstas plantas son más resistentes a las bajas temperaturas y requieren mayor acumulación de horas frío para completar su ciclo fenológico. La línea V13 es la que presentó menor variación en rendimiento de materia seca del ciclo EIP1 al EIP2 (7%) y la máxima acumulación de forraje (12,047 kg MS ha⁻¹). Lo anterior puede deberse a

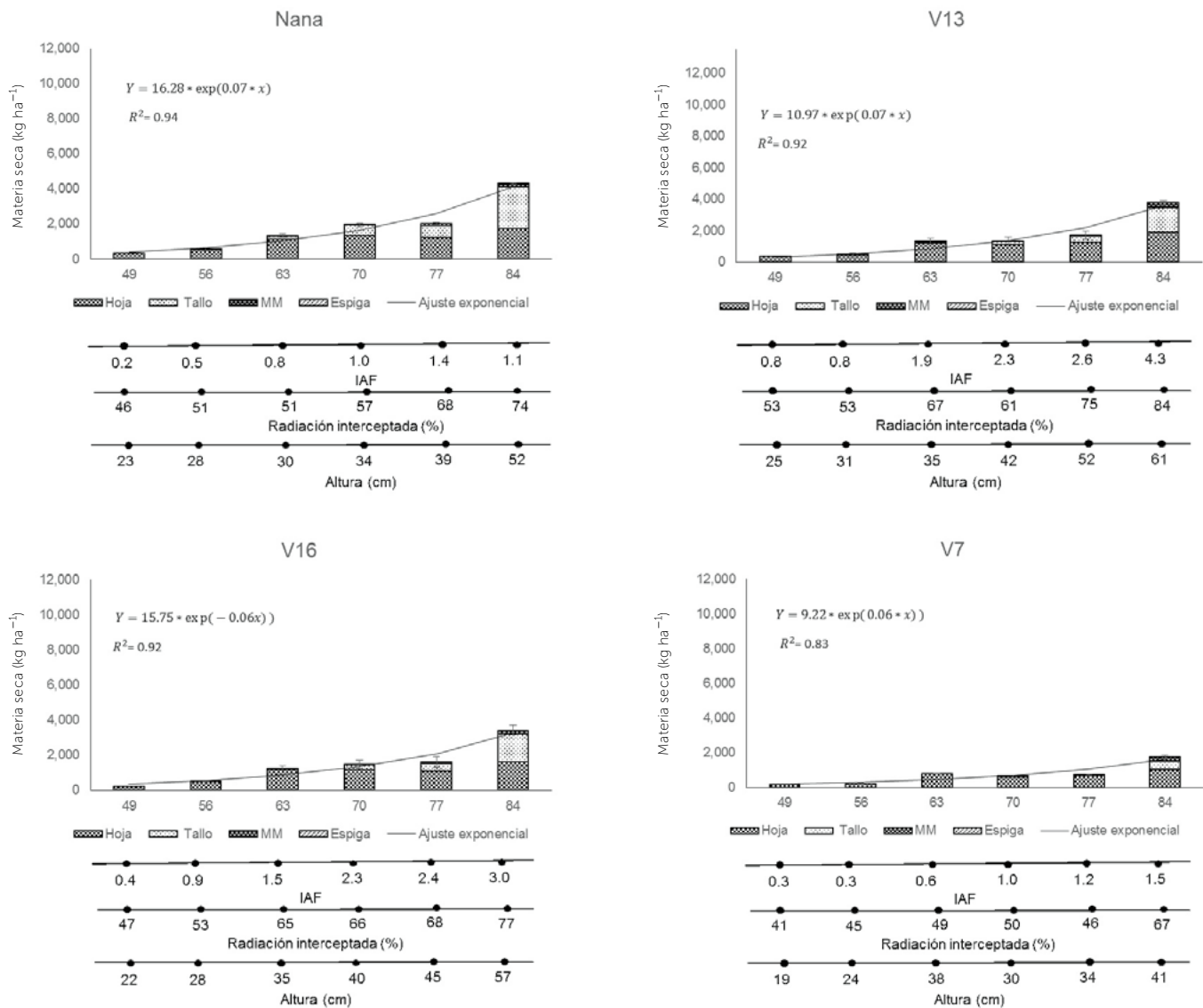


Figura 1. Acumulación de forraje total por componente morfológico, Índice de área foliar (IAF), radiación interceptada (RI) y altura de planta, de los trigos Nana, V13, V16 y V7 a diferentes estados de desarrollo en el ciclo EIP1.

que son genotipos mejor adaptados, que tienen mayor tolerancia al frío. Así mismo, los mayores rendimientos de las líneas V13, V16 y V7 están correlacionados a que son genotipos tardíos, es decir de ciclo biológico más largo en comparación con Nana. Tavella citado por (Morant *et al.*, 2007) menciona que las características más importantes que deberían poseer los trigos forrajeros son poseer un ciclo biológico más largo y estar adaptados a las siembras tempranas, que permitiría disponer de una fase vegetativa más larga para un mayor número de cortes.

Componentes morfológicos

En el EIP1, en relación a los componentes morfológicos, los más altos rendimientos de hoja en combinación con la mayor relación hoja/tallo se encontraron

entre los 63 y 77 DDS con rendimientos promedio de hoja y tallo de 1,225 y 482 kg ha⁻¹ para Nana; 1,202 y 243 kg ha⁻¹ para V13 y 1,158 y 256 kg ha⁻¹ para V16. Mientras que V7 presentó el menor rendimiento con 691 y 25.3 kg ha⁻¹ (Figura 2). En EIP2 el mayor aporte de hojas al rendimiento total y la mejor relación hoja/tallo se encontró para Nana entre los 63 y 70 DDS en el estado de encañe (35, Zadoks) con hoja y tallo de 930 y 387 kg ha⁻¹, respectivamente; para V16 fueron las mismas fechas con 880 y 243.7 kg ha⁻¹ (35, zadocks). V13 fue entre los 70 y 77 DDS con 1,755.6 y 569 kg ha⁻¹ (32, Zadocks) y V7 con 1838 y 567 kg ha⁻¹ (33, zadocks). Así mismo, se observó que en este corte no fueron dañados los puntos de crecimiento por lo que la planta podría rebrotar. Keles *et al.* (2013) al evaluar el rendimiento del rebrote en avena, centeno, trigo, cebada y

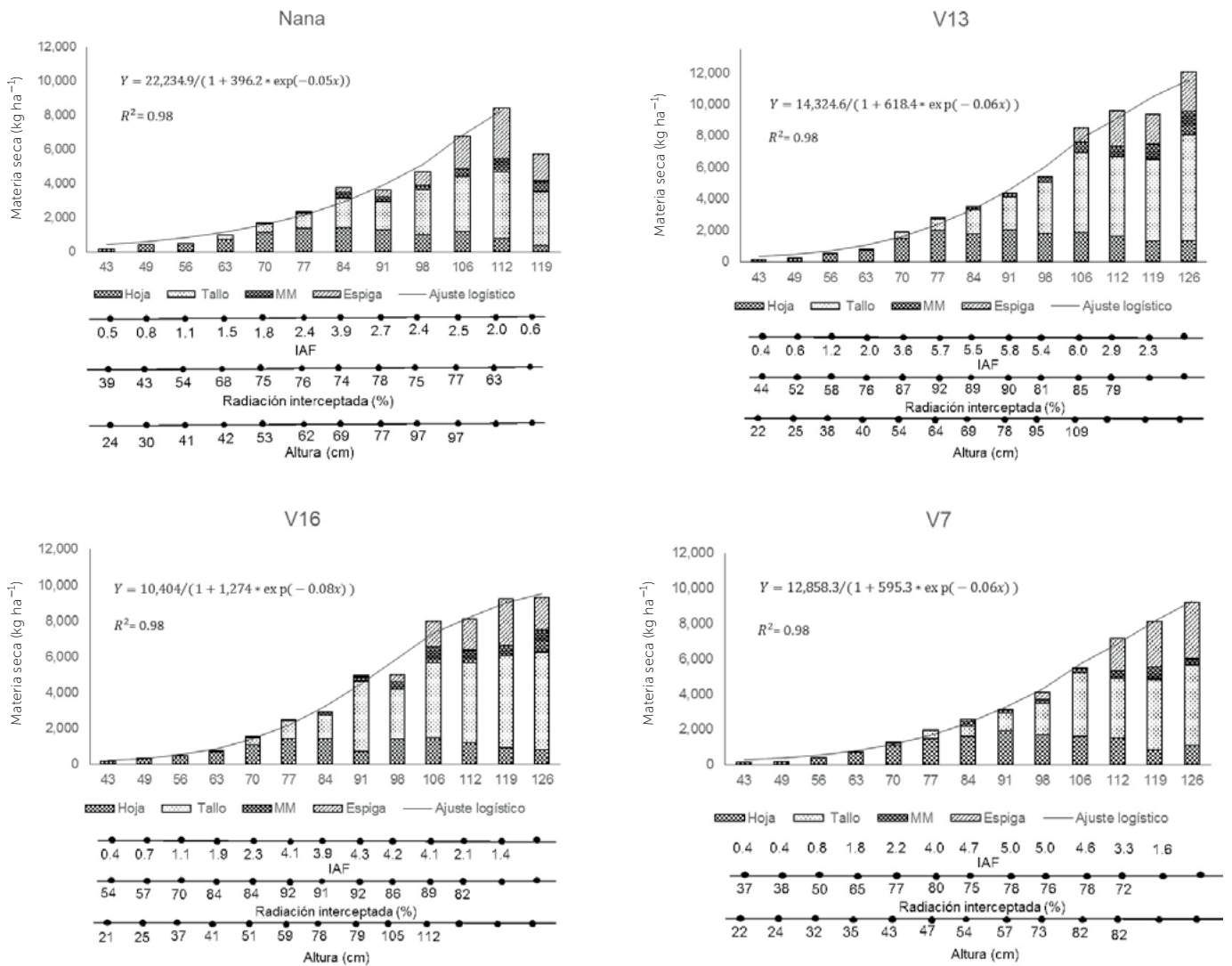


Figura 2. Acumulación de forraje total, Componentes morfológicos, Índice de área foliar (IAF), radiación interceptada (RI) y altura de planta, de los trigos Nana, V13, V16 y V7 a diferentes estados de desarrollo en el ciclo EIP2.

triticale en las etapas de amacollamiento y encañe, reportaron que los cereales de invierno pueden ser pastoreados hasta la etapa encañe, sin causar grandes reducciones en el rendimiento del rebrote y forraje total. Los componentes tallo y material muerto se incrementaron conforme avanzó la edad de las plantas, lo anterior coincide con estudios reportados en la literatura (Pérez-Amaro *et al.*, 2004; Calzada-Marín *et al.*, 2014). La disminución de hojas en los últimos muestreos puede estar relacionado con la edad de las plantas al cumplir su ciclo biológico, además de la muerte de las hojas de los estratos inferiores, porque son sombreadas por las del estrato superior (Chapman y Lemaire, 1993). Mientras que en el caso de las espigas hay un incremento por el llenado de grano que se da por la traslocación de fotosintatos, desde los tallos y las hojas provocando su senescencia y muerte (Juskiw *et al.*, 2000).

IAF, RI y altura

En el experimento EIP1, las variables IAF, RI y altura se incrementaron conforme avanzó la edad de la planta. Los máximos IAF encontrados para Nana fueron de 1.4 (77 DDS), V13 de 4.3 (84 DDS), V16 de 3.0 (84 DDS) y V7 de 1.5 (84 DDS), radiaciones interceptadas de 68, 84, 77 y 67 y alturas de 39, 61, 57 y 41 cm. Sin embargo, se encontró que para este ciclo los más altos rendimiento de hoja y las mejores relaciones hoja/tallo se observaron entre el día 63 y 77 DDS para los genotipos estudiados, y no concuerdan con los máximos índices de área foliar como se reporta para el ciclo EIP2. Lo anterior posiblemente relacionado a que se presentó mayor número de heladas (Cuadro 1).

Las variables IAF, RI y altura en el EIP2, para todos los genotipos, se incrementaron conforme avanzó la edad de

la planta, y después de alcanzar los valores más altos, para el caso de altura, esta se mantuvo estable durante las dos últimas fechas de evaluación, mientras que el IAF y la RI disminuyeron. Los máximos valores de radiación interceptada coinciden con altos valores de IAF; aunque no se encontraron radiaciones del 95% en ninguno de los genotipos evaluados. Las densidades y fechas de siembra afectan el aporte de hojas, tallos, material muerto y espigas al rendimiento total, por lo que posiblemente estas variables, aunado el daño de las bajas temperaturas a las hojas dificultaron al cultivo para alcanzar el 95% de interceptación luminosa (Juskiw *et al.*, 2000).

Los máximos índices de área foliar para V13, V16 y V7 coincidieron con las máximas radiaciones interceptadas para los cortes 77, 84 y 91 DDS. La variedad Nana presentó los más bajos IAF y radiaciones interceptadas, relacionado a que es una variedad especializada para grano, aunque presenta una mayor susceptibilidad a las heladas por ser un cultivo de primavera (Villaseñor-Mir *et al.*, 2003).

En trabajos realizados en pastos tropicales y templados (Da Silva y Hernández, 2010) se ha observado que el punto óptimo de cosecha es cuando las plantas alcanzan 95% de interceptación luminosa y está relacionado con la mayor aportación de hojas al rendimiento. Parsons *et al.* (1988) menciona que el IAF crítico es cuando el 95% de luz incidente es interceptada por el dosel, la tasa media de acumulación de forraje alcanza su máximo, es decir, el equilibrio entre los procesos de máximo crecimiento y senescencia permite mayor acumulación de forraje. Así mismo, de manera práctica se ha relacionado la RI y el IAF con la altura, permitiendo definir fechas óptimas para el corte del forraje, con buena calidad nutricional, además de permitir su rebrote. En éste trabajo en el EIP1, no se registraron las máximas radiaciones interceptadas esperadas, debido al daño del aparato fotosintético por bajas temperaturas y presencia de heladas. Además de que en trabajos posteriores es deseable evaluar densidades y fechas de siembra.

CONCLUSIONES

La variedad con mejor aptitud forrajera y mejor estabilidad en cuanto a rendimiento de un ciclo al otro fue trigo V13, mientras que trigo Nana presentó los menores rendimientos de forraje. Los genotipos de ciclo largo presentan mejor aptitud forrajera en cuanto a rendimiento de materia seca y mayor cantidad de hojas en comparación a variedades precoces. El momento óptimo de corte para forraje en el EIP2 se encontró en

encañe, ya que en este estado de desarrollo es cuando se encontraron los más altos rendimientos de hojas e IAF y hubo coincidencia con las más altas interceptaciones luminosas. La radiación interceptada, el IAF y la altura, pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte para forraje.

LITERATURA CITADA

- Bainotti C.T., Gomes D., Masiero B., Salines J., Frascina J., Bertram N., Navarro C. 2005. Evaluación de cultivares de trigo como doble propósito. Campaña 2005/06.
- Calzada-Marín J.M., Enriquez-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. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5: 247-260.
- Chapman D.F., Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia*, pp. 95-104.
- Da Silva S., Hernández G., 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En: *Los forrajes y su impacto en el trópico*. Velasco ME editor, Chiapas, México: UNACH.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Instituto de geografía, UNAM; México pp 21.
- Hernández-Córdova N., Soto Carreño F., Plana Llerena R. 2015. Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum L.*) en tres fechas de siembra. *Cultiv. Trop.* 36: 86-92.
- Juskiw P.E., Helm J.H., Salmon D.F. 2000. Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40: 148-158.
- Keles G., Ates S., Coskun B., Koc S. 2013. Re-growth yield and nutritive value of winter cereals, in: *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress*. pp. 15-19.
- Morant A.E., Merchán H.D., Lutz E.E. 2007. Características forrajeras de trigos doble propósito. *Phyton, B. Aires.* 76: 95-102.
- Ortiz S.C. 1997. Colección de monolitos. Montecillo. Tex. Edo. de Méx. México: Depto. Génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados.
- Pagliaricci H., González S., Ohanian A., Pereyra T. 2000. Caracterización del crecimiento y la producción de cereales forrajeros invernales en Córdoba, Argentina. *Agric. Téc.* 60: 224-235.
- Pérez-Amaro J.A., Moya E.G., Quiroz J.F.E., Carrillo A.R.Q., Pérez J.P., Garay A.H. 2004. Análisis de crecimiento, Área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria híbrido, cv.*). *Tec. Pecu. Mex.* 42: 447-458.
- Parsons A.J., Penning P.D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science.* 43: 15-27.
- Sevilla G.A., Pasinato A., García J.M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch Latinoam Anim. Prod.* 9: 91-98.
- Silva S.C., da Nascimento Júnior D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 36: 122-138.
- Villaseñor-Mir H.E., Espitia R.E., Huerta E.J. 2003. El Campo Experimental Valle de México, estratégico en la producción nacional de avena: Historia y aportaciones, in: *60 Años de Investigación en el Campo Experimental Valle de México*. pp. 17-30.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bull* 1974. 7: 42-52.