

CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO MARALFALFA (*Cenchrus* sp) A DIFERENTE EDAD

CHANGES IN THE YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF MARALFALFA GRASS (*Cenchrus* sp) AT DIFFERENT AGE

Perpetuo Álvarez-Vázquez¹, Sergio Iban Mendoza-Pedroza^{2*}, Said Cadena-Villegas³, Jesús Miguel Calzada-Marín², Eusebio Ortega-Jiménez⁴, Humberto Vaquera-Huerta⁵, Javier Francisco Enríquez-Quiroz⁶ y Marco Antonio Rivas-Jacobo⁷

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Saltillo, Coahuila, México. ²Colegio de Posgraduados (CP), Campus Montecillo, Posgrado en Ganadería, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ³CP, Campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México. ⁴CP, Campus Veracruz, Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. ⁵CP, Campus Montecillo, Posgrado en Estadística, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ⁶Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Posta, Paso del Toro, Medellín, Veracruz, México. ⁷ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México.

*Autor de correspondencia (sergiomp@colpos.mx)

RESUMEN

El pasto Maralfalfa es una excelente opción para el trópico mexicano, sin embargo, es necesario conocer los cambios en rendimiento y composición química durante su desarrollo para determinar la edad óptima de cosecha. El objetivo del experimento fue determinar el momento óptimo de cosecha del pasto Maralfalfa (*Cenchrus* sp) evaluando el efecto de la edad en el rendimiento y composición química. Se determinó el contenido en porcentaje de Proteína cruda (PC), Fibra cruda (FC), Fibra detergente ácida (FDA), Fibra detergente neutro (FDN) y de Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). El experimento se estableció en parcelas de las instalaciones del Sitio Experimental Papaloapan del INIFAP. El análisis químico se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. La evaluación de los tratamientos se hizo a intervalos de 15 días, en un periodo de 180 días después de siembra (DDS). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS, en un diseño experimental de bloques al azar, con 3 repeticiones en el tiempo. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en la morfología de la planta a las diferentes edades. La máxima producción de biomasa aérea se alcanzó en el día 151 DDS, con 37,297 kg MS ha⁻¹. El valor nutritivo se comportó de manera inversa a la edad del forraje, afectando significativamente su composición química ($P < 0.05$). Los contenidos de FDN, FDA y FC se incrementaron al avanzar la edad de corte en 12 %, 8.9 % y 12.4 %, respectivamente y la concentración de PC disminuyó en 5.6 %. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca se redujo a razón de 0.60 unidades porcentuales por día, del 83.25 % en el día 33 hasta un 49.78 % al día 167. Por lo tanto, se concluye que la calidad nutricional de Maralfalfa se reduce significativamente por la edad del forraje y se recomienda el corte a los 61 días para mantener la mayor concentración de proteína en el forraje.

Palabras clave: composición química, madurez, Maralfalfa, óptimo de cosecha.

SUMMARY

Maralfalfa grass is an excellent option for the Mexican tropics; however, it is necessary to know its yield and chemical composition changes during

its development to determine the optimal harvest age. The objective of this experiment was to determine the optimal harvest time of Maralfalfa grass (*Cenchrus* sp) evaluating the effect of maturity on yield and chemical composition. The percentage content of crude protein (PC), crude fiber (FC), acid detergent fiber (FDA), neutral detergent fiber (FDA) and *in vitro* digestibility of dry matter (DIVMS) were determined. The experiment was established in plots of the INIFAP Experimental Site Papaloapan. The chemical analysis was carried out in the Animal Nutrition laboratory of Departamento de Zootecnia of the Universidad Autónoma Chapingo. Treatments were evaluated at intervals of 15 days, in a period of 180 days. The data were analyzed using the GLM procedure of SAS, in a randomized block experimental design, with 3 replicates in time. Significant differences ($P < 0.01$) were observed in plant morphology during the different physiological states. The maximum production of aerial biomass was reached on day 151 after sowing with 37,297 kg MS ha⁻¹. The nutritional value was inverse to the age of the forage, affecting its chemical composition ($P < 0.05$). The contents of FDN, FDA and FC increased by advancing the cut-off age by 12 %, 8.9 % and 12.4 %, respectively, and the concentration of PC decreased by 5.6%. The *in vitro* digestibility of the dry matter was reduced at a rate of 0.60 percentage units per day, from 83.25 % on day 33 to 49.78 % on day 167. Then, it is concluded that nutritional quality of Maralfalfa significantly decreased by the age of the forage, and in order to maintain protein concentration in forage, cutting is recommended after 61 days.

Keywords: chemical composition, optimal harvest, Maralfalfa, maturity.

INTRODUCCIÓN

Los pastos y forrajes constituyen una fuente más económica de alimento para el ganado, especialmente en países tropicales, donde la producción con rumiantes depende de la disponibilidad de pastos para mantener una producción continua a menor costo, sin competir con los ingredientes para la alimentación humana (Uvidia-Cabadina *et al.*, 2015). En el trópico mexicano, la

alimentación del ganado en las unidades de producción bovina es con base en la producción de forrajes (Martínez *et al.*, 2012), así como el suministro de insumos externos al rancho. Sin embargo, en la mayoría de las áreas ganaderas, la baja productividad de los sistemas está asociada, en gran medida, a un deficiente manejo y aprovechamiento de las pasturas, afectando la producción, la sustentabilidad y el beneficio económico (Espinoza *et al.*, 2018).

Uno de los zacates más difundidos en el país en los últimos cinco años, es el llamado Maralfalfa (*Cenchrus sp.*), el cual es perenne, originario de Colombia, con alta productividad al que se le atribuye un contenido de proteína superior al de otro zacate tropical (Ramos-Santana *et al.*, 2014), incluyendo los del género *Cenchrus*, razón por la cual, los ganaderos lo han introducido con la finalidad de disponer de un forraje de mayor calidad para alimentar su ganado. Calzada-Marín *et al.* (2014) argumentan que la producción de biomasa de tallos y la producción de material muerto del pasto Maralfalfa están correlacionadas positivamente con el incremento en la edad de la planta. La máxima tasa de crecimiento coincide con la máxima producción de hojas y tallos y con la mayor producción de biomasa total; todos ocurren cuando se tiene un 97.4 % de interceptación luminosa y una altura aproximada de 2.3 m en la pradera, alrededor de los 150 días después de la siembra. Hernández-Garay *et al.* (2013), en un análisis con modelos matemáticos de curvas de crecimiento en gramíneas tropicales, como el modelo logístico mixto no lineal empleado en el pasto *Cenchrus* híbrido cv. Maralfalfa, sugieren que el mejor momento para cosechar este pasto es a los 150 días, donde se presenta la máxima producción de materia seca. Por lo que, se evidencia la importancia de estos modelos como una herramienta importante en la planificación de la alimentación en las unidades de producción que dependen del pastoreo y en las decisiones de manejo para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales con el forraje producido, permitiendo mantener un equilibrio en la pradera y hacer un uso óptimo del forraje (Romera *et al.*, 2010). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química del pasto Maralfalfa a diferente edad después de la siembra e identificar la edad de cosecha óptima en cuanto a la composición química de la biomasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental "Papaloapan" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Isla, Veracruz, a 18° 06' LN y 95° 31' LO y una altitud de 65 msnm. El clima, de acuerdo con la clasificación

climática de Köppen, modificada por García (2004), es Awo, el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y 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, con textura franco arenosa, con pH de 4 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio y contenidos medios a altos de fósforo y magnesio (Enríquez-Quiroz y Romero-Mora, 1999).

Establecimiento y manejo de praderas

Se establecieron parcelas de 5 m de ancho por 16 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con material vegetativo (tallos), el cual se sembró en líneas a cordón corrido con 4.33 puntos de germinación (plantas) por metro lineal, con separación entre surcos de 0.50 m y una densidad de 87,033 plantas por hectárea. Se aplicó una fertilización con 120-80-00 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅, respectivamente, la cual se dividió en dos aplicaciones, la primera a los 43 días y la segunda 112 días después de la siembra.

Obtención y procesamiento de muestras

Se realizaron muestreos destructivos a diferente edad de crecimiento (30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 DDS). Se cosecharon dos áreas de 1m² por parcela, a ras de suelo y al azar, considerando la edad de crecimiento. 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 tomaron otras submuestras, las cuales se separaron en sus componentes hojas, tallos, inflorescencias y material muerto, se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y se registró el peso. Las muestras, una vez secas, se molieron para el análisis de su composición química, la cual se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Análisis de la composición química

Se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en g (100 g)⁻¹ de muestra (AOAC, 1990; Van Soest *et al.*, 1994; Giraldo *et al.*, 2007; Navarro-Ortiz y Roa-Vega, 2018).

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

En un tubo de plástico de 100 cm³ se pesaron 0.5034 ± 0.0020 g de muestra, se agregaron 20 cm³ de saliva de Mc Dougall como buffer y 5 cm³ de fluido ruminal. La mezcla se incubó a 39 °C durante 48 h, con agitación cada 12 h. Se determinó la FDN residual de la muestra en g (100 g)⁻¹ y se determinó a través de la fórmula: DIVMS=100-(FDN residual/g de muestra) ×100. Las condiciones anaeróbicas se lograron empleando corriente de CO₂. El fluido ruminal se obtuvo de un bovino holstein fistulado, alimentado con una dieta a base de alfalfa (Giraldo *et al.*, 2007; Navarro-Ortiz y Roa-Vega, 2018).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete SAS (2002). El análisis de varianza se realizó a través del procedimiento GLM y la comparación de medias de los tratamientos se llevó a cabo por la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Proteína cruda

El comportamiento en el contenido de proteína cruda se muestra en la Figura 1. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre plantas, tallos y hojas. En planta completa, la proteína se redujo de un 8.85 a 3.17 % a medida que avanzó la edad de la planta, de 30 a los 75 DDS. La proteína en tallo tuvo una disminución, con la máxima concentración de 9.26 % a los 60 días y la mínima de 2.02 % a los 150 DDS. Para el caso de las hojas, la curva de tendencia muestra una disminución menos acelerada en el contenido de proteína, sin embargo, esta disminución se inicia a partir de los 33 días y se observa una disminución más importante, que se determinó en un rango de 12.2 a 7.28 % entre los 60 a 180 días posteriores a la siembra, lo que indica que el contenido de proteína se reduce menos en hoja que en tallo, a medida que se incrementa la edad de la planta. Por lo tanto, con base en el contenido de proteína es recomendable cosechar a los 61 días, ya que, a partir de este momento, la cantidad de proteína disponible en planta cae por debajo de 8 %, lo que no sería suficiente para los animales.

Clavero y Razz (2009) observaron una dilución en el contenido de nitrógeno total del pasto Maralfalfa y reportaron que a las 3, 6 y 9 semanas obtuvieron 2.38, 1.73, y 1.26 %, respectivamente, es decir, una reducción del 47 % entre las semanas 3 y 9, tendencia similar a lo observado en el presente estudio. De igual manera, Ramos-Santana *et al.* (2014) observaron cambios en el contenido de

proteína de 14, 11, 10, 9.4, 8.1, 7.1 % a los 40, 50, 60, 70, 80 y 90 días de edad, respectivamente, valores superiores a los observados en el presente estudio, sin embargo, sigue manteniendo una tendencia similar.

Juárez *et al.* (2011) aseveran que el contenido de proteína disminuye gradualmente a medida que la planta crece en tamaño y aumenta su edad. En plantas maduras, la proteína y fósforo disminuyen rápidamente, mientras que el extracto libre de nitrógeno y fibra cruda se incrementan. Aparentemente esta disminución de proteína durante el periodo de crecimiento es debido a su translocación de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados hacia la raíz y semilla en la madurez completa. Por su parte, Nelson y Moser (1994) concuerdan en que el aumento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y digestibilidad de los pastos, lo cual hace que su valor nutritivo disminuya con el avance de la edad, cuya tasa de reducción es mayor en las gramíneas que en las leguminosas. Independientemente de que los tallos jóvenes contengan altas concentraciones de fracciones solubles, y su digestibilidad pueda ser igual o superior a las hojas, la calidad se reduce más rápidamente con el aumento de la madurez de la planta, donde a medida que incrementa la edad la relación entre hojas y tallos se modifica reduciendo la proporción de hoja con respecto a tallo (Kephart *et al.*, 1993).

Fibra cruda

El porcentaje de Fibra cruda (FC) cosechado a diferentes edades se muestra en la Figura 2. Existe un incremento en el contenido de FC para los tres componentes mientras se incrementa la edad de la planta ($P < 0.05$). En los tallos se observa un marcado aumento en el contenido de FC a medida que aumenta la madurez de la planta. Para este caso se obtuvieron los siguientes valores a los 33, 77, 107, 135 y 184 DDS: 27.6, 33.3, 35.08, 37 y 41.84 %, respectivamente. El componente hoja muestra un incremento a partir del día 33 con 29.5 % hasta el día 107, con un valor máximo de 37.5 %. A partir de este día se detiene el aumento e incluso tiende a bajar el contenido de fibra hasta llegar al día 184, con un valor similar al del inicio de 29.99 %. En planta completa se aprecia un aumento que oscila desde 27.9 en el día 33 como valor mínimo hasta un máximo de 40.29 % en el día 167 después de la siembra (Figura 2). Al respecto, Ramírez y Pérez (2006) reportan que las concentraciones de fibra cruda en este pasto cosechado a los 45 y 60 días fueron de 35.6 y 41.5 %, respectivamente, lo que indica una tendencia a incrementar con la edad. Al respecto, Clavero y Razz (2009), al evaluar la composición química del forraje de Maralfalfa con frecuencia de cosecha de 3, 6 y 9 semanas, observaron contenidos de fibra de 55.6, 59.55 y 62.95, tendencia

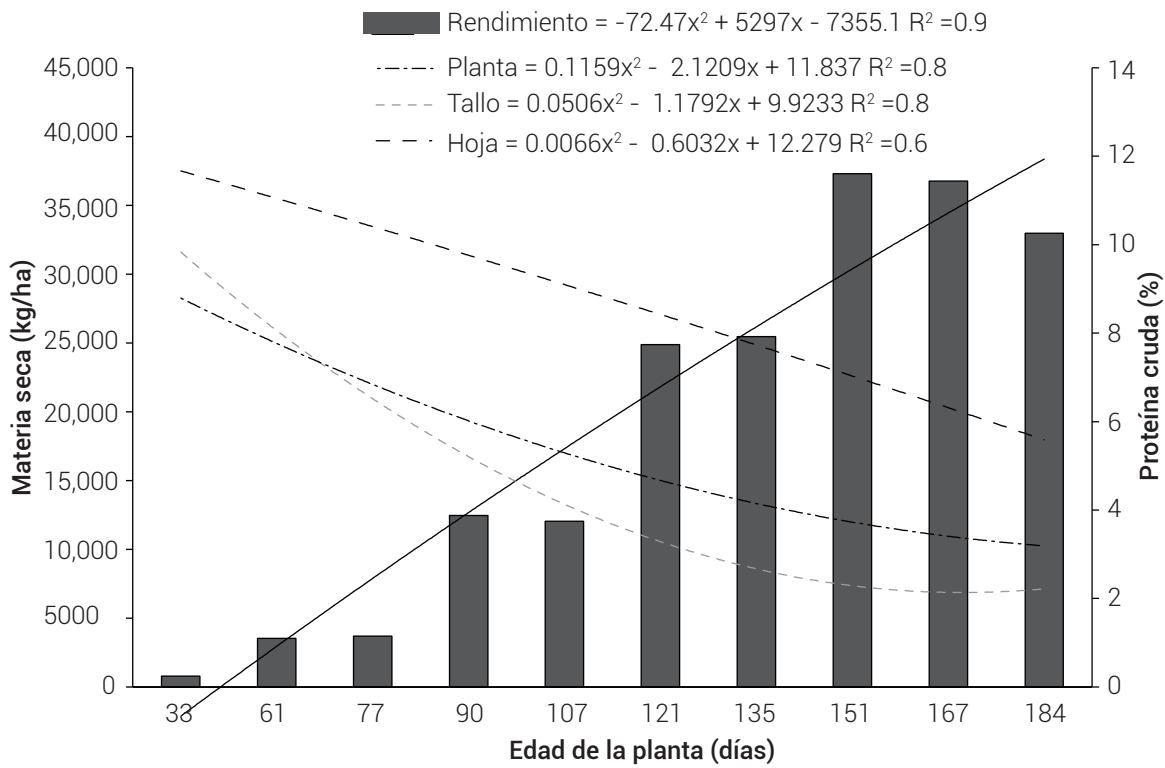


Figura 1. Rendimiento de materia seca y porcentaje de proteína cruda en planta completa, hojas y tallos del pasto Maralfalfa a diferente edad de la planta.

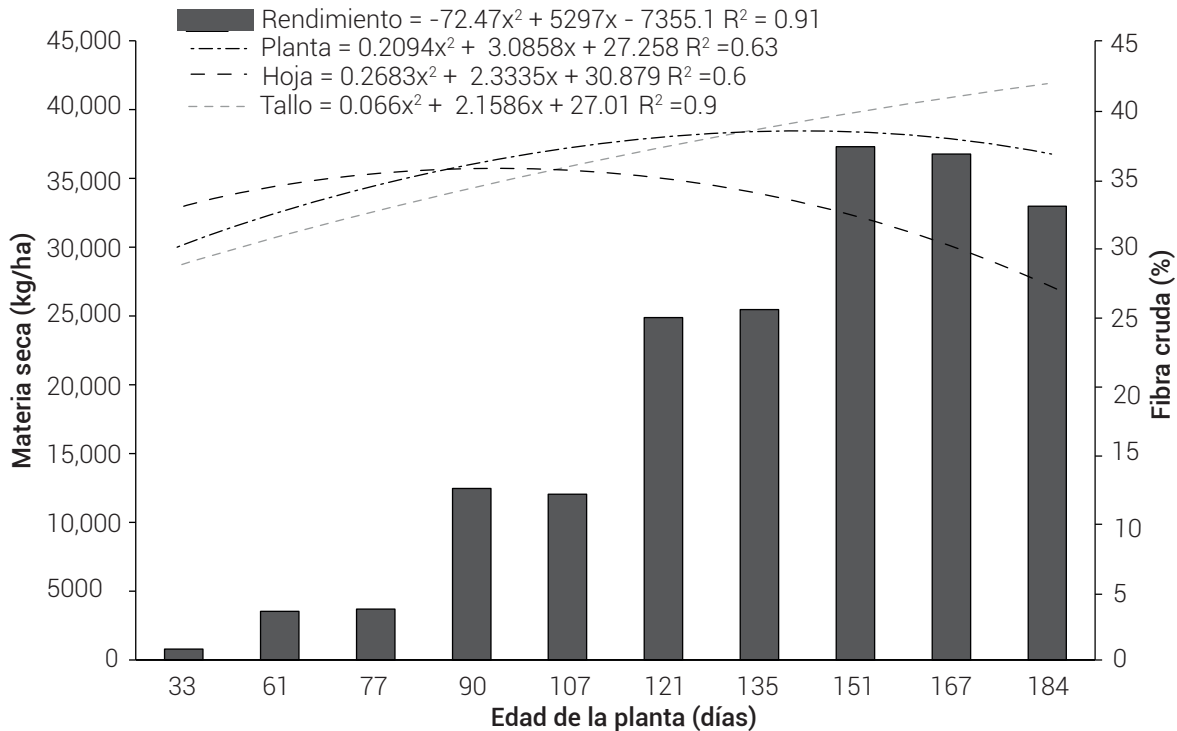


Figura 2. Rendimiento de materia seca y Porcentaje de fibra cruda en planta completa, hojas y tallos del zacate Maralfalfa a diferente edad de la planta.

similar a la observada en el presente estudio, donde con el incremento en la edad existe un incremento en la cantidad de fibra cruda. Al respecto, Ventura *et al.* (2017) mencionan que para el caso de Maralfalfa se observa un incremento en las proporciones de carbohidratos estructurales en la biomasa, llegando a un máximo a los 150 días y la mayor cantidad de hemicelulosa a partir del día 120.

Aunque el análisis de FC tiene un error, al efectuar la digestión ácida se disuelve parte de las hemicelulosas y al efectuar la digestión alcalina se disuelve parte de la lignina, por lo tanto, el producto final no puede considerarse como la totalidad de la fibra y los resultados obtenidos por este método son menores que los reales, sin embargo, sirve para realizar la determinación de otros componentes del análisis proximal y se corrige con las determinaciones de FDN y FDA (Segura *et al.*, 2007).

Fibra detergente neutro

Se muestra la tendencia en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) de las muestras de los componentes conforme avanza la edad de la planta (Figura 3). Se observaron diferencias significativas en los tres componentes ($P < 0.05$). Conforme avanza la edad de la planta se incrementa el contenido de FDN. En planta completa se observó 67.06 % en el día 33 de la siembra,

hasta 79.06 % en el día 167 después de la siembra. El componente tallo mostró un incremento en su composición de FDN no tan marcado como el anterior, observando el máximo (85.48 %) a los 180 días y el mínimo (66.3 %) a los 30 días. En las hojas hubo un comportamiento similar, que no mostraron un incremento tan marcado, ya que cambió en un intervalo de 71.42 % a los 180 días, hasta 82.89 % a los 90 días como máximo. Investigaciones relacionadas con Maralfalfa han reportado cambios en el porcentaje de FDN, como lo indican Palacios-Díaz *et al.* (2020), quienes evaluaron los porcentajes de FDN en el forraje a diferentes edades de cosecha y observaron un incremento del 5.2 % en su concentración entre el día 30 (66.4 %) y el día 60 (70.06 %), tendencia muy similar a la del presente estudio. De igual manera, Geren *et al.* (2020) observaron un incremento de 26.11 % en el porcentaje de FDN en pasto King Grass (*Penisetum hybridum*) al cosechar el forraje entre el día 30 (54.6 %) y el 180 (73.9%). Barahona y Sánchez (2005) establecen que conforme avanza la edad de la planta y madura, hasta dos tercios de la FDN y más de la mitad de los polisacáridos estructurales pueden ser indigestibles. Así, el contenido de lignina en los forrajes está asociado negativamente con la degradabilidad de la fibra y se cree que la lignina está asociada al soporte mecánico de las hojas y tallos para conferir fuerza y rigidez en la pared celular, lo que otorga resistencia a plagas y enfermedades.

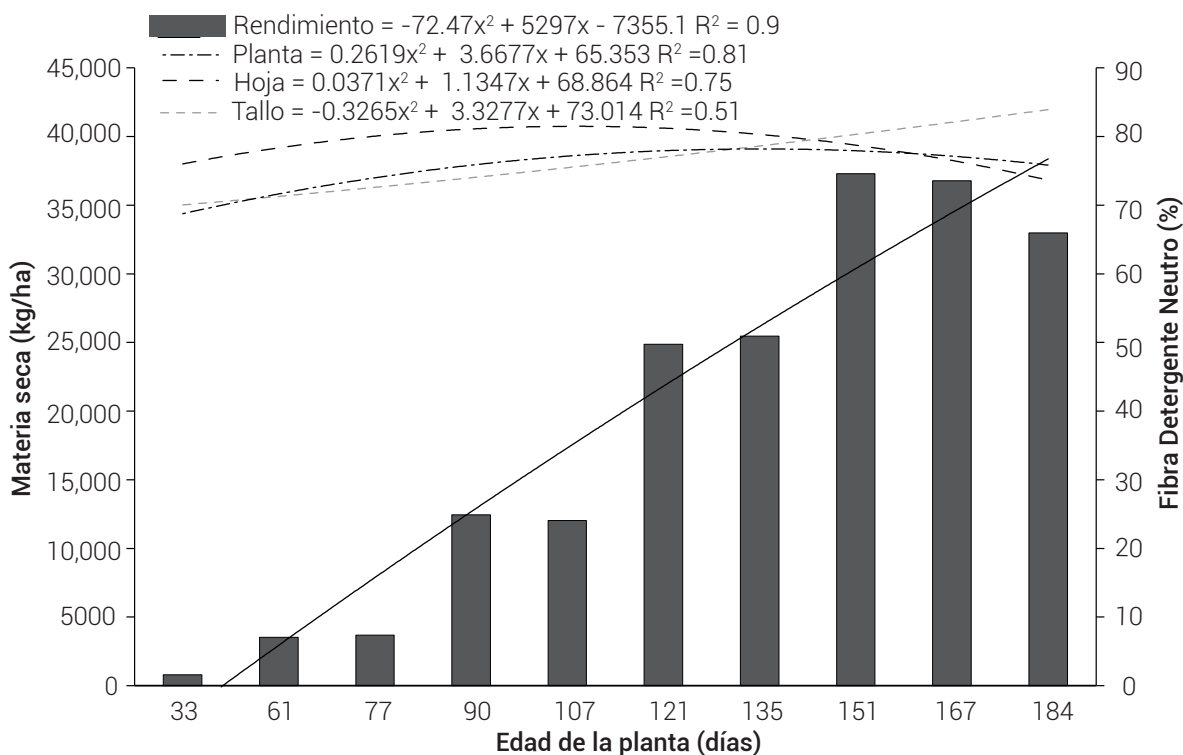


Figura 3. Rendimiento de materia seca y contenido de Fibra Detergente Neutro en planta completa, hojas y tallos del zacate Maralfalfa a diferente edad de la planta.

Fibra detergente ácido

El contenido de fibra detergente ácido (FDA) se presenta en la Figura 4. Se muestran diferencias significativas para los tres componentes, a medida que avanza la edad de la planta ($P < 0.05$). En el componente planta se registró 40.36 % en el día 33 posterior a la siembra y 58.5 % en el día 167. Comportamiento similar presentó la FDA en el componente tallo, con un incremento a medida que aumenta la madurez de la planta, teniendo el máximo contenido de FDA de 59.61 % a los 180 días y el mínimo de 35.35 % a los 30 días. Caso contrario al de las hojas, que no tienen una tendencia tan pronunciada en cuanto al aumento del contenido de FDA, ya que oscila en valores desde 39.08 % a los 180 días hasta 51.09 % a los 90 días. Al respecto, Correa (2006) reporta valores de FDN a los 56 y 105 días de 54.7 y 66.9 %, respectivamente, valores similares a los obtenidos en el presente estudio, donde se observa un incremento en el contenido de FDA con la edad de la planta. Correa y Cuellar (2004) registraron valores de 54.7 % de FDA a los 56 días y 66.9 % a los 105 días, valores similares a los observados en la presente investigación. De igual manera, Palacios-Díaz *et al.* (2013), al caracterizar el

valor nutritivo del forraje de Maralfalfa, observaron que el porcentaje de FDA se incrementa con la edad del forraje, con 44.5 % cuando cosecharon a los 30 días, hasta 50.65 % en la cosecha a los 60 días. Segura *et al.* (2007) indican que los nutrientes digeribles solubles (NDS) constituyen las fracciones completamente digeribles de carbohidratos y proteínas, así como lípidos y algunas cenizas, mientras que NDF representa la fibra estructural, la cual es sólo parcialmente digerible, y lignina es la fracción de NDF completamente indigerible, por lo tanto, el conocer cómo se comportan estos componentes conforme avanza la edad de la planta permite tomar decisiones de cosechas para obtener el mayor volumen de forraje con la disponibilidad de nutrientes.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

El porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en el forraje cosechado a diferentes edades de la planta se muestra en la Figura 5, en la cual se muestran las tendencias en el cambio del porcentaje de DIVMS con respecto a la edad de las plantas. La disminución en la DIVMS para el caso de planta completa ($R^2 = 0.91$), tallo

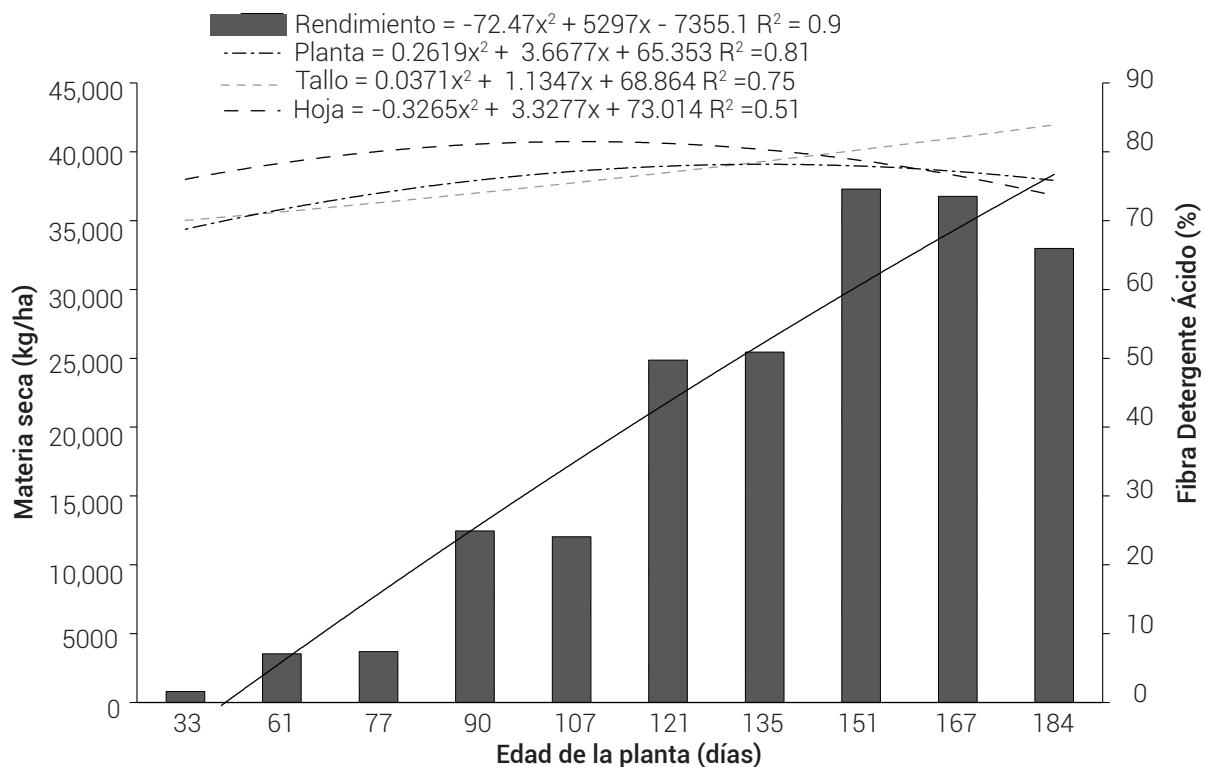


Figura 4. Rendimiento de materia seca y contenido de Fibra Detergente Ácido en planta completa, hojas y tallos del zacate Maralfalfa a diferente edad de la planta.

($R^2 = 0.75$) y hoja ($R^2 = 0.86$). El análisis del porcentaje de DIVMS mostro diferencias significativas ($P < 0.05$). En planta completa disminuyó en 0.60 unidades porcentuales por día hasta los 167 de edad, siendo a los 33 días 83.25 % digestible y decayendo hasta un 49.78 % en el día 167. En los tallos disminuyó en 0.38 unidades porcentuales por día, pasando de ser 79.29 % digestible a los 33 días hasta los 42.12 % a los 167 días después de la siembra, acentuándose más a medida que avanza la edad. En las hojas disminuyó 0.53 unidades porcentuales por día hasta los 157 días de edad, comenzando con un 77.19 % de digestibilidad hasta un 51.03 % en el día 151. Al respecto, Clavero (2000) reporta para los 30, 90 y 105 DDS una digestibilidad de 79.7, 65.2 y 52.4 %, respectivamente, y una disminución de la DIVMS con el aumento en la edad, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio. Los cambios en la madurez de la planta implican cambios en la estructura celular, así, en las primeras etapas del desarrollo, las células vegetales deben ser capaces de crecer en tamaño, estadio en el cual la pared celular lleva el nombre de pared primaria y es capaz de alargarse, porque los polímeros de la pared no están ligados entre sí, en este momento, la pared celular está compuesta de β - glucanos de enlaces mixtos, heteroglucanos, glucuronarabinosilanos

y heterosilanos. Cuando la célula vegetal deja de crecer e inicia el proceso de maduración también inicia el proceso de deposición de pared celular secundaria y lignificación; es en este momento cuando se forman puentes de ferulato entre la lignina y los polisacáridos, lo que reduce la degradabilidad de la pared celular y al aumentar el proceso de maduración los componentes celulosa, hemicelulosa y lignina aumentan y la proporción de contenido celular disminuye (Barahona y Sánchez, 2005).

El aporte nutricional de los forrajes está en función de su consumo y la digestibilidad, así como del contenido de nutrientes que contenga y la eficiencia en la que estos pueden ser metabolizados y asimilados por el animal (Giraldo *et al.*, 2007), de tal manera que la producción primaria de los pastos depende de la captación fotosintética de CO_2 y de la síntesis de fotoasimilados para el crecimiento de las plantas. La distribución de los fotoasimilados no sólo determina la eficiencia de utilización de los mismos, sino también, la magnitud de la inversión en el proceso de crecimiento (Pérez *et al.*, 2004), de tal manera que conocer el comportamiento de los pastos a diferentes edades permite planificar los sistemas de producción y hacer un uso eficiente de los recursos disponibles para mejorar la

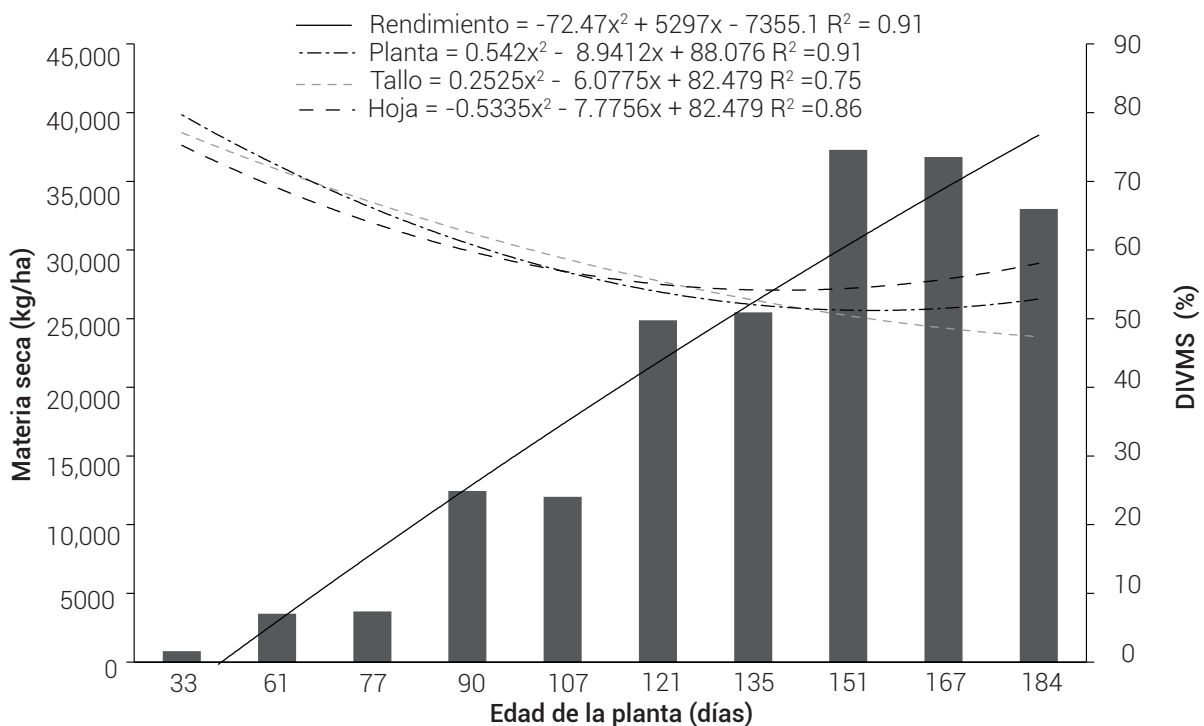


Figura 5. Rendimiento de materia seca y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en planta completa, hojas y tallos del zacate Maralfalfa a diferente edad de la planta.

rentabilidad de las unidades de producción (Candelaria et al., 2013).

CONCLUSIONES

La biomasa de Maralfalfa se vio afectada por la edad de cosecha, en la que se incrementaron el rendimiento de MS y el porcentaje de FDN, FDA y FC, mientras que la PC y la DIVMS se redujeron. La edad es un factor que afecta el contenido de PC, FDN y FDA. El momento óptimo de cosecha de forraje con base en la concentración de proteína es a los 61 días.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC, Association of Official Analytical Chemist (1990) Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th (Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA. 771 p.
- Barahona R. R. y S. Sánchez (2005) Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista CORPOICA* 6: 70-82.
- Calzada M. J. M., J. F. Enríquez, A. Hernández, E. Ortega y S. I. Mendoza (2014) Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5:247-260.
- Candelaria M. B., O. Ruiz, F. Gallardo, P. Pérez, P. A. Martínez y L. Vargas (2011) Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 999-1010.
- Clavero T. (2000) Efectos de la defoliación sobre los niveles de carbohidratos no estructurales en pastos de origen tropical. *Revista de la Facultad de Agronomía* 10:126-132.
- Clavero T. y R. Razz (2009) Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Revista de la Facultad de Agronomía* 26: 78-87.
- Correa C. H. J. (2006) Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development* 18, <http://www.lrrd.org/lrrd18/6/corr18084.htm> (diciembre 2021).
- Correa H. J. y A. E. Cuellar (2004) Aspecto clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 17:29-38.
- Enríquez-Quiroz J. F. y J. Romero-Mora (1999) Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria spp.* en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33:141-148.
- Espinoza J. A., A. Vélez, S. F. Góngora, V. Cuevas, R. Vázquez y J. A. Rivera (2018) Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 21:261-272.
- Fahey G. C., C. J. Nelson and L. E. Moser (1994) Plant Factors Affecting Forage Quality. In Forage Quality, Evaluation, and Utilization. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. pp. 115-154, <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c3>
- García E. (2004) Modificaciones a la clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 5ª Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p.
- Geren Y. H., T. Kabut and H. Unlu (2020) Effect of different cutting intervals on the forage yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal Field Crops* 25:1-8. DOI: 10.17557/tjfc.737467.
- Giraldo L. A., A. Gutiérrez L. y C. Rúa (2007) Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20 (3):269-279.
- Hernández G. A., H. Vaquera H, M. Calzada, E. Ortega and J. F. Enríquez (2013) Tropical grass growth functions modeling by using a non-linear mixed model. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales* 1:90-91.
- Kephart K. D. and D. R. Buxton (1993) Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade. *Crop Science* 33:831-837.
- Martínez C. C. J., J. Cotera y J. A. Zavaleta (2012) Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agropecuarias* 16: 816-824.
- Navarro-Ortiz C. A. y M. L. Roa-Vega (2018) Comparación de la digestibilidad de tres especies forrajeras estimada mediante diferentes técnicas. *Orinoquia* 22:15-33.
- 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.* *The Journal of Animal & Plant Sciences* 23:566-574.
- Pérez A. J. A., E. García, J. F. Enríquez, A. R. Quero, J. Pérez y A. Hernández (2004) Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "Mulato" (*Brachiaria híbrido cv.*). *Técnica Pecuaria en México* 42:447-458.
- Ramírez Y. y J. Pérez (2006) Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). *Revista Unelles de Ciencia y Tecnología* 24:57-62.
- Ramos-Santana R., Y. Quijano-Cabrera y R. Macchiavelli (2014) Evaluación del rendimiento y la calidad del forraje Maralfalfa en tres vaquerías del norte de Puerto Rico en la época de días largos. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 98:169-177.
- Romera A. J., P. Beukes, C. Clark, D. Clark, H. Levy and A. Tait (2010) Use of a pasture growth model to estimate herbage mass at a paddock scale and assist management on dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture* 74: 66-72.
- SAS (2002) SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). SAS Institute, Cary NC, USA.
- Uvidia-Cavadiana H., J. Ramirez, J. Vargas, I. Leonard and J. Sucoshañay (2015) Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonía. *Revista Electrónica de Veterinaria* 6:1-11.
- Van Soest J. P. (1994) Nitrogen metabolism. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd (Ed.). Cornell University Press. Comstock Publishing Associates. Ithaca, NY. pp. 290-311.
- Ventura R. J., J. A. Honorato, A. G. Hernández, J. A. Aburto, H. Vaquera y J. F. Enríquez (2017) Composición química y rendimiento de biomasa de Maralfalfa para producción de bioetanol de segunda generación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:215-221, <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.85>