

## RENDIMIENTO DE FORRAJE DE VARIEDADES DE ALFALFA EN DOS CALENDARIOS DE CORTE

### FORAGE YIELD IN ALFALFA CULTIVARS AT TWO CUTTING SCHEDULES

Yuri Villegas Aparicio<sup>1</sup>, Alfonso Hernández  
Garay<sup>2</sup>, Pedro A. Martínez Hernández<sup>3\*</sup>, Jorge  
Pérez Pérez<sup>2</sup>, José G. Herrera Haro<sup>2</sup> y Cándido  
López Castañeda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Ex hacienda de Nazareno. 68000, Xoxocotlán, Oaxaca, México. <sup>2</sup>Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México- Texcoco. 56230, Montecillo, Estado de México. <sup>3</sup>Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México. Tel. 01(595)952-1621.

\*Autor para correspondencia (pedroarturo@correo.chapingo.mx)

### RESUMEN

Se determinó el rendimiento anual y estacional de cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cosechadas en dos calendarios de corte en los Valles Centrales de Oaxaca, México. En un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones se evaluaron ocho tratamientos arreglados en parcelas divididas; la parcela grande comprendió a las variedades ('Valenciana', 'Moapa', 'Oaxaca' y 'Tlacolula'), y la subparcela a los calendarios de corte (severo con cortes cada 28 d en primavera y verano, y cada 42 d en otoño e invierno; y ligero con cortes cada 35 y 49 d, respectivamente); todos los cortes fueron a 4 cm de altura. Las parcelas experimentales (25 m<sup>2</sup>) se sembraron con 3 g de semilla pura viable m<sup>-2</sup>, y se regó cada 15 d. La interacción variedad x calendario de corte influyó ( $P \leq 0.05$ ) en el rendimiento de forraje y en la relación hoja:tallo. En otoño con los dos calendarios de corte, y en verano e invierno solamente con el calendario severo de corte, las variedades 'Oaxaca' y 'Tlacolula' rindieron más forraje que 'Moapa' y 'Valenciana'. Las mejores relaciones hoja:tallo a través del año se registraron en 'Moapa' con el calendario severo de corte. El rendimiento anual de forraje (2000 g MS m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) fue similar entre variedades y calendarios de corte, ya que las diferencias estacionales se compensaron entre sí.

**Palabras clave:** *Medicago sativa*, variedades, frecuencia de corte, forraje.

### SUMMARY

The objective of the study was to determine the annual and seasonal forage yield of four alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under

two cutting schedules in the "Valles Centrales" of Oaxaca, México. In a completely randomized design with four replications, eight treatments in a split plot arrangement were compared, using varieties as main plot ('Valenciana', 'Moapa', 'Oaxaca' and 'Tlacolula'), and schedules as subplot (severe with cuts every 28 d in Spring and Summer and every 42 d in Fall and Winter, and light with cuts every 35 and 49 d, respectively); all cuts were done at 4 cm height. Experimental plots (25 m<sup>2</sup>) were sown with 3 g of pure live seed m<sup>-2</sup>, and irrigated every 15 d. The interaction cultivar x cutting schedule affected forage yield and leaf:stem ratio ( $P \leq 0.05$ ). In Fall, in both cutting schedules and in Summer and Winter only with the severe cutting schedule, cultivars 'Oaxaca' and 'Tlacolula' showed higher forage yield than 'Moapa' and 'Valenciana'. A higher leaf:stem ratios throughout the year were found in 'Moapa' under the severe cutting schedule. Annual forage yield (2000 g MS m<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup>) was similar among cultivars and cutting schedules, because the seasonal differences compensated each other.

**Index words:** *Medicago sativa*, cultivars, cutting frequency, forage.

### INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) como corte en verde es común en las regiones templadas de México, y consiste en cortarla y acarrearla para ser ofrecida directamente a los animales. Hernández *et al.* (1992) demostraron que para la alfalfa aprovechada de esta forma, la frecuencia de corte debe definirse con base en el estado de desarrollo de la misma para lograr los máximos rendimientos anuales de forraje y persistencia. Una vez caracterizado el crecimiento estacional de alfalfa, la frecuencia de corte puede definirse con base en días entre cortes sucesivos, con la precaución de que dicha frecuencia sea definida para cada estación del año y las distintas condiciones climáticas (Hernández *et al.*, 1993; Sanderson *et al.*, 1994). Por tanto, un calendario de corte de alfalfa consiste en establecer los días entre cortes sucesivos a través del año en cada lugar de producción.

La región Valles Centrales de Oaxaca muestra inviernos benignos, temperatura media promedio en los meses de invierno de 18.6 °C (promedio de 50 años; García, 1988) y menor fotoperíodo de verano que en otras zonas templadas de México, por estar ubicada a 17° N. En esta región es común el aprovechamiento de alfalfa como corte en verde, pero es escasa la información acerca de calendarios de corte y de las respuestas en rendimiento de forraje en las variedades disponibles. Algunas de estas variedades fueron desarrolladas localmente y otras provienen de zonas a mayor latitud e inviernos más rigurosos.

El objetivo del estudio fue determinar el rendimiento de forraje en cuatro variedades de alfalfa durante el primer año, cosechadas con dos calendarios de corte con frecuencias definidas por días entre cortes. Se postuló que en Valles Centrales de Oaxaca, las variedades locales de alfalfa

superarían en rendimiento a las introducidas desde el norte, en los diversos calendarios de corte.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se hizo en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, ubicado en Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, a 17° 02' LN, 96° 44' LO y 1530 msnm (Gobierno del Estado de Oaxaca, 1994), de noviembre de 1999 a abril de 2001. El clima del sitio es templado seco con 22 °C de temperatura media anual, escasa incidencia de heladas en invierno y precipitación anual de 651 mm, de la cual 74 % ocurre de junio a septiembre (INEGI, 1996).

Se probaron ocho tratamientos en arreglo de parcelas divididas; la parcela mayor se asignó a la variedad de alfalfa (cuatro variedades) y la menor al calendario de corte (dos calendarios). El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, con unidad experimental de 25 m<sup>2</sup>. Las variedades de alfalfa fueron: dos locales ('Oaxaca' y 'Tlacolula') y dos introducidas ('Moapa' y 'Valenciana'). Los calendarios de corte fueron: severo y ligero; el severo consistió en cosechar cada 28 d en primavera-verano y cada 42 d en otoño-invierno; en el ligero se cosechó cada 35 y 49 d en primavera-verano y otoño-invierno, respectivamente. Los calendarios de corte fueron definidos a partir de los estudios de Hernández *et al.* (1992, 1993).

El suelo, de textura franco arcillo-arenosa, recibió dos pasos de arado y tres de rastra para formar una cama de siembra mullida. La siembra se realizó en noviembre con 3 g m<sup>-2</sup> de semilla pura viable para todas las variedades. Se aplicó riego por gravedad dos veces por mes, con una lámina aproximada de 5 cm por riego, excepto cuando la precipitación acumulada en el intervalo entre riegos era igual o superior a la lámina de riego. Se realizaron dos cortes de formación, a 90 y 120 d después de la siembra, ambos a 4 cm de altura. A partir del segundo corte se aplicaron los cortes programados según los tratamientos; en total se efectuaron 11 y 9 cortes para los calendarios severo y ligero, respectivamente.

Las variables de respuesta fueron: rendimiento de forraje y relación hoja:tallo. Al centro de cada parcela se definió un cuadro de 1 m<sup>2</sup> en el que se cosechó el forraje presente a una altura de 4 cm del suelo, se pesó el forraje en fresco en campo y se tomaron dos muestras de aproximadamente 100-150 g: una para determinar materia seca (100 °C por 12 h) y la segunda para evaluar la relación hoja:tallo en base seca (100 °C por 12 h). Inmediatamente después de los muestreos, el forraje del resto de la parcela

fue cosechado a 4 cm del suelo y acarreado fuera del experimento.

El análisis estadístico se hizo para cada estación en forma independiente; para rendimiento de forraje se usó el acumulado y para la relación hoja:tallo el promedio de cada estación. Posteriormente se analizó el rendimiento anual de forraje y el promedio anual de la relación hoja:tallo. Cuando hubo efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) de la interacción variedad x calendario de corte, únicamente se compararon las medias por tratamientos mediante Tukey con  $\alpha = 0.05$ . Los análisis de varianza y la prueba de Tukey se aplicaron conforme a los procedimientos descritos por Steel y Torrie (1985).

## RESULTADOS

### Rendimiento anual y estacional de forraje

El rendimiento anual de forraje no mostró efectos de variedad de alfalfa, calendario de corte ni de interacción ( $P > 0.05$ ). Los rendimientos estacionales de forraje registraron efectos de variedad de alfalfa y calendario de corte en verano, otoño e invierno; y de la interacción variedad x calendario de corte en todas las estaciones ( $P \leq 0.05$ ). Es decir, el rendimiento de forraje de las variedades no fue constante a través de los calendarios de corte (Cuadro 1).

En primavera con el calendario severo, la variedad 'Valenciana' rindió 33 % más forraje que 'Tlacolula', mientras que con el calendario ligero 'Valenciana' y 'Tlacolula' mostraron igual rendimiento. En verano, las cuatro variedades rindieron entre 24 y 70 % más forraje ( $P \leq 0.05$ ) con el calendario ligero que con el severo. Además, únicamente con el calendario ligero 'Tlacolula' y 'Moapa' rindieron 9 % más forraje ( $P \leq 0.05$ ) que las otras dos variedades, estadísticamente similares entre sí.

En otoño, las cuatro variedades mostraron mayor rendimiento ( $P \leq 0.05$ ) con el calendario ligero que con el severo (3 a 25 %), pero las diferencias relativas fueron menores que las registradas en verano. En esta estación y con los dos calendarios de corte, 'Oaxaca' mostró el mayor rendimiento ( $P \leq 0.05$ ); además, esta variedad y 'Tlacolula' rindieron más ( $P \leq 0.05$ ) forraje que 'Moapa' y 'Valenciana', lo que sugiere que las variedades locales hicieron un mejor uso de las condiciones ambientales del otoño que las introducidas.

En invierno, las cuatro variedades rindieron 17 a 49 % menos ( $P \leq 0.05$ ) forraje con el calendario ligero que con el severo, respuesta contraria a la observada en verano y otoño cuando los mayores rendimientos se obtuvieron con

el calendario ligero en todas las variedades. Con el calendario severo, 'Oaxaca' y 'Tlacolula' tendieron a superar ( $P \leq 0.05$ ) a 'Moapa' y 'Valenciana', pero con el ligero 'Moapa' superó ( $P \leq 0.05$ ) a las otras variedades.

El rendimiento anual de forraje no mostró efecto de variedad, calendario de corte ni de su combinación, por lo que las diferencias estacionales debieron haberse compensado para que en la sumatoria anual no se registraran diferencias entre los factores estudiados.

*Cuadro 1. Rendimiento de forraje (g MS m<sup>-2</sup>) por estación y anual en cuatro variedades de alfalfa sometidas a dos calendarios de corte.*

Variedad/Estación	Calendario de corte		Promedio
	Severo	Ligero	
Primavera			
‘Valenciana’	720 a <sup>+</sup>	640 abc	680 <sup>++</sup>
‘Moapa’	620 abc	560 c	590
‘Oaxaca’	700 ab	590 c	650
‘Tlacolula’	540 c	630 abc	590
Promedio <sup>++</sup>	650	610	
Verano			
‘Valenciana’	330 e	560 b	450
‘Moapa’	370 d	600 a	490
‘Oaxaca’	450 c	560 b	510
‘Tlacolula’	440 c	620 a	530
Promedio	400	590	
Otoño			
‘Valenciana’	240 e	260 d	250
‘Moapa’	240 e	300 c	270
‘Oaxaca’	310 b	350 a	330
‘Tlacolula’	300 c	310 b	310
Promedio	270	300	
Invierno			
‘Valenciana’	760 bc	480 e	620
‘Moapa’	740 c	610 d	670
‘Oaxaca’	850 ab	500 e	670
‘Tlacolula’	940 a	480 e	710
Promedio	820	520	
Anual			
‘Valenciana’	2050	1950	2000
‘Moapa’	1960	2070	2010
‘Oaxaca’	2310	2000	2160
‘Tlacolula’	2230	2050	2140
Promedio	2140	2020	

+ Medias dentro de estación con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

++ Variedad de alfalfa y calendario de corte mostraron efecto ( $P < 0.05$ ) sólo en verano, otoño e invierno.

### Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo mostró efecto ( $P \leq 0.05$ ) de la interacción variedad x calendario de corte en cada una de las estaciones del año y en el promedio anual. En verano, invierno y en el promedio anual hubo efecto ( $P \leq 0.05$ ) de la variedad y del calendario de corte. En otoño sólo hubo efecto ( $P \leq 0.05$ ) de la variedad (Cuadro 2).

Las relaciones hoja:tallo de 'Moapa' fueron mayores ( $P \leq 0.05$ ) que las de las otras variedades en primavera, verano, invierno y promedio anual, en los dos calendarios de

corte. En otoño, 'Valenciana' sometida al calendario severo mostró una relación hoja:tallo demasiado alta, lo que evitó poder evidenciar la superioridad de 'Moapa' en esta variable. El valor tan alto (3.46) de la relación hoja: tallo registrado por 'Valenciana' es difícil de explicar. 'Tlacolula' tendió a mostrar relaciones hoja: tallo inferiores a las registradas por 'Moapa'. Con algunas excepciones, en diversas estaciones del año las variedades de alfalfa tendieron a mostrar una mayor relación hoja:tallo con el calendario severo que con el ligero.

*Cuadro 2. Relación hoja:tallo promedio por estación y anual en cuatro variedades de alfalfa sometidas a dos calendarios de corte.*

	Calendario de corte		
Variedad/Estación	Severo	Ligero	Promedio
Primavera			
‘Valenciana’	1.05 a <sup>+</sup>	0.72 b	0.89 <sup>++</sup>
‘Moapa’	1.07 a	1.10 a	1.09
‘Oaxaca’	0.87 ab	0.92 ab	0.90
‘Tlacolula’	1.09 a	1.02 ab	1.06
Promedio <sup>+++</sup>	1.02	0.94	
Verano			
‘Valenciana’	1.03 d	1.12 d	1.08
‘Moapa’	1.89 a	1.45 b	1.67
‘Oaxaca’	1.22 c	0.82 e	1.02
‘Tlacolula’	1.48 b	1.11 d	1.30
Promedio	1.41	1.13	
Otoño			
‘Valenciana’	3.46 a	1.29 b	2.38
‘Moapa’	1.66 b	2.00 b	1.83
‘Oaxaca’	0.97 b	1.63 b	1.30
‘Tlacolula’	1.25 b	1.26 b	1.26
Promedio	1.83	1.55	
Invierno			
‘Valenciana’	0.89 bc	0.86 c	0.9
‘Moapa’	1.16 a	0.99 b	1.1
‘Oaxaca’	0.89 bc	0.72 d	0.8
‘Tlacolula’	0.90 bc	0.81 cd	0.9
Promedio	0.96	0.85	
Anual			
‘Valenciana’	1.61 a	1.05 d	1.33
‘Moapa’	1.44 b	1.38 b	1.41
‘Oaxaca’	0.98 d	1.02 d	1.00
‘Tlacolula’	1.18 c	1.03 d	1.11
Promedio	1.30	1.12	

+ Medias por estación o anual con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

++ Variedad de alfalfa mostró efecto ( $P < 0.05$ ) en verano, otoño, invierno y anual.

+++ Calendario de corte mostró efecto ( $P < 0.05$ ) en verano, invierno y anual.

La variedad 'Oaxaca' con el calendario severo mostró el menor ( $P \leq 0.05$ ) promedio anual de la relación hoja:tallo, y 'Tlacolula' quedó por debajo de 'Moapa' y 'Valenciana'; sin embargo, el elevado valor registrado para 'Valenciana' debe ser tomado con cautela.

### DISCUSIÓN

Con el calendario severo de corte aplicado en verano e invierno, las variedades locales 'Oaxaca' y 'Tlacolula' rindieron más que las introducidas. Esto pudiera indicar que

‘Oaxaca’ y ‘Tlacolula’ fueron desarrolladas a partir de individuos exitosos en producir y sobrevivir bajo un esquema de aprovechamiento intenso. En otoño, con el calendario ligero las variedades introducidas rindieron menos forraje que las locales; el menor rendimiento de las variedades introducidas durante el otoño podría explicarse por lo indicado por Christian (1977) y reforzado por Fick (1984), en el sentido de que las variedades de alfalfa, como parte de su acondicionamiento para sobrevivir el periodo invernal, responden a la reducción progresiva del fotoperíodo durante el otoño, al derivar fotoasimilados a la formación de reservas y reducir así la tasa de acumulación de forraje. Las variedades locales no mostraron este patrón de respuesta al cambio en el fotoperíodo, probablemente debido a que los inviernos benignos en que se desarrollaron no requieren este acondicionamiento para sobrevivir el periodo invernal.

En el invierno las temperaturas mínimas absolutas siempre fueron superiores a 5 °C (SMN, 2000 y 2001), de manera que la temperatura ambiental no fue lo suficientemente baja para evitar el crecimiento. Fick (1984) y Sharratt *et al.* (1989) demostraron que la alfalfa puede mantener activo su follaje y crecer a partir de los 5 °C. Probablemente por ello es que las variedades ‘Moapa’ y ‘Valenciana’ retomaron su tasa de crecimiento aéreo, y con el calendario ligero registraron un rendimiento similar al de ‘Oaxaca’ y ‘Tlacolula’.

‘Moapa’ fue la variedad con la mejor relación hoja:tallo durante el año. En la variedad ‘Oaxaca’ el mejorar esta relación, sin reducir el rendimiento del forraje, podría mejorar su calidad forrajera. Juan *et al.* (1993) encontraron que al mejorar la relación hoja:tallo, la calidad forrajera también aumenta.

En verano y otoño el rendimiento se vio favorecido con el calendario ligero, mientras que en invierno fue mejor el calendario severo. Esta respuesta es contraria a la registrada en otros estudios (Hernández *et al.*, 1993) en zonas con inviernos más fríos al de la zona en que se realizó el presente estudio. El mayor número de cortes efectuados con el calendario severo, promovió una mejor relación hoja:tallo que con el calendario ligero, sin reducir el rendimiento de forraje. Según Dhont *et al.* (2003), la alfalfa sometida a un calendario severo de cortes redujo la acumulación de reservas y con ello disminuyó su potencial de rebrote luego del periodo invernal. En el presente estudio no se observó menor rendimiento con el calendario severo, debido quizás a que se trata de alfalfas de crecimiento vi-

goroso en su primer año de explotación, con poca dependencia de la cantidad de reservas.

## CONCLUSIONES

En algunas estaciones del año el rendimiento de forraje varió entre las variedades de alfalfa y entre los calendarios de corte, pero estas diferencias se compensaron al través del año por lo que el rendimiento anual de forraje fue similar entre las variedades de alfalfa y entre los calendarios de corte. La variedad ‘Oaxaca’ mostró la menor relación hoja:tallo, lo que indica la necesidad de mejorar la calidad de su forraje. El calendario severo promovió una mejor relación hoja:tallo que el calendario ligero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Christian K R (1977) Effects of the environment on the growth of alfalfa. *Adv. Agron.* 29:183-227.
- Dhont C, Y Castonguay, P Nadeau, G Belanger, P Chalifour (2003) Alfalfa root nitrogen reserves and regrowth potential in response to fall harvests. *Crop Sci.* 43:181-194.
- Fick G W (1984) Simple simulation models for yield prediction applied to alfalfa in the northeast. *Agron. J.* 76:235-239.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. Estación Oaxaca. 217 p.
- Gobierno del Estado de Oaxaca (1994) Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca. Publicación de INEGI y Gobierno del Estado de Oaxaca. Oaxaca, México. 607 p.
- Hernández G A, J Pérez, V A González H (1992) Crecimiento y rendimiento de la alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia* 2:131-144.
- Hernández G A, J Pérez, J A Hernández (1993) Rendimiento y parámetros del crecimiento de la alfalfa con diferentes frecuencias y alturas de cosecha. *Ciencia e Inv. Agr.* 20:180-184.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (1996) Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca. Oaxaca, Oaxaca. 714 p.
- uan N A, C C Sheaffer, D K Barnes (1993) Leaf and stem trims and herbage quality of multifoliate alfalfa. *Agron. J.* 85:1121-1127.
- Sanderson M A, T P Karnezos, A G Matches (1994) Morphological development of alfalfa as a function of growing degree days. *J. Prod. Agric.* 7:239-242.
- Sharratt B S, C C Sheaffer, D G Baker (1989) Base temperature for the application of the growing-degree-day model to field-grown alfalfa. *Field Crops Res.* 21:95-102.
- Servicio Meteorológico Nacional SMN (2000) Boletín General del Servicio Meteorológico Nacional. Diciembre 2000. Estación Oaxaca, Gerencia Regional V Pacífico Sur, Tacubaya, México.
- Servicio Meteorológico Nacional SMN (2001) Boletín General del Servicio Meteorológico Nacional. Enero-Marzo 2001. Estación Oaxaca, Gerencia Regional V Pacífico Sur, Tacubaya, México.
- Steel R G D, J H Torrie (1985) Bioestadística: Principios y Procedimientos. R Martínez B (trad). Segunda (ed). Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. pp:368-386.