

# Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.)

## Effect of three harvest systems on the productive performance of five commercial alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties

Marco Antonio Rivas-Jacobo<sup>a</sup>, Cándido López-Castañeda<sup>b</sup>, Alfonso Hernández-Garay<sup>c</sup>, Jorge Pérez-Pérez<sup>c</sup>

### RESUMEN

Se estudió el efecto de tres regímenes de corte en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa en Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Los cortes se hicieron cada cuatro, cinco y seis semanas en primavera y verano, otoño e invierno, respectivamente. Las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa tuvieron mayor rendimiento de materia seca por corte (RMS) y rendimiento de materia seca acumulado total (RMSAT) que Valenciana y Cuf-101; Oaxaca presentó su mayor RMS en agosto, febrero y marzo, y Moapa en octubre y enero; Moapa, Oaxaca y San Miguel tuvieron mayor RMSAT que Valenciana y Cuf-101 durante el experimento. El rendimiento estacional de materia seca acumulada (REMSA) fue mayor en verano (31 %) que en primavera (27 %), otoño (22 %) e invierno (20 %); San Miguel y Oaxaca tuvieron mayor REMSA que Valenciana y Cuf-101 en verano, otoño, invierno y primavera, y Moapa tuvo mayor REMSA que Valenciana y Cuf-101 en verano, otoño e invierno. La relación hoja:tallo (H:T) fue mayor en invierno (0.83) que en primavera (0.75), verano (0.77) y otoño (0.72); Valenciana (0.99) y Cuf-101 (0.82) tuvieron mayor relación H:T que San Miguel (0.72), Oaxaca (0.73) y Moapa (0.70). La mayor productividad de forraje observada en verano y primavera en comparación con otoño e invierno, muestra el potencial productivo que podría explotarse al considerarse las condiciones y el tipo de variedad a utilizar, para maximizar la disponibilidad de forraje durante el año.

**PALABRAS CLAVE:** Rendimiento por corte, Rendimiento estacional, Relación hoja:tallo, Tasa de aparición de hojas.

### ABSTRACT

The effect of three harvest systems on the productive behaviour of five commercial alfalfa cultivars was studied at Montecillo, Texcoco, Mexico. Clippings were performed each four, five or six weeks in spring and summer, fall and winter, respectively. Dry matter per clipping (YDM) and total accumulated dry matter (YTADM) was greater in the Oaxaca, San Miguel and Moapa varieties than in Valenciana and Cuf-101; Oaxaca showed its greater YDM on August, February and March, and Moapa on October and January; Moapa, Oaxaca and San Miguel had greater YTADM than Valenciana and Cuf-101 for the period of the experiment. Seasonal yield of accumulated dry matter (SYADM) was higher in summer (31 %) than spring (27 %), fall (22 %) or winter (20 %); San Miguel and Oaxaca presented higher SYADM than Valenciana and Cuf-101 in summer, fall, winter and spring, and Moapa had greater SYADM than Valenciana and Cuf-101 in summer, fall and winter. Leaf:stem ratio (L:S) was higher in winter (0.83) than spring (0.75), summer (0.77) and fall (0.72); Valenciana (0.99) and Cuf-101 (0.82) had greater L:S than San Miguel (0.72), Oaxaca (0.73) and Moapa (0.70). Leaf appearance rate diminished from the third regrowth week onwards. The greater forage productivity observed in summer and spring in respect of fall and winter shows the productivity potential that may be exploited when the type of variety and environmental conditions are considered to maximize forage availability throughout the year.

**KEY WORDS:** Leaf appearance rate, Leaf:stem ratio, Seasonal dry matter yield, Dry matter per harvest yield.

Recibido el 14 de junio de 2004 y aceptado para su publicación el 30 de junio de 2004.

a Unidad Académica de Ingeniería Agrohídrica, Universidad Autónoma de Puebla.

b Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados (CP), 56230 Montecillo, Texcoco, Edo. de México. clc@colpos.mx. Correspondencia al segundo autor

c Programa en Ganadería, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (CP).

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada en la alimentación del ganado lechero, en las regiones árida, semiárida y templada de México<sup>(1)</sup>. Su crecimiento, rendimiento de forraje y longevidad dependen en gran medida, del manejo estacional de la frecuencia e intensidad de defoliación.

Por otro lado, la capacidad con que una especie produce forraje, representa el balance entre la tasa de crecimiento y la pérdida de tejido por senescencia y descomposición<sup>(2)</sup>, la cual varía, dependiendo de la estación del año<sup>(3)</sup>; por ello el conocer los cambios estacionales en la velocidad de crecimiento de las diferentes especies forrajeras, permite determinar la frecuencia de defoliación con la cual se puede obtener la mayor producción de forraje de alta calidad<sup>(4)</sup>. Al respecto, la alfalfa alcanza la mayor acumulación de materia seca durante el verano a la cuarta semana<sup>(5,6)</sup> y en otoño a la quinta semana de rebrote, coincidiendo con el mayor índice de área foliar (IAF)<sup>(3,6)</sup> y la mayor masa de hojas verdes<sup>(3)</sup>.

En alfalfa, Hernández y Pérez<sup>(5)</sup> observaron que la variedad Moapa, alcanzó la mayor acumulación de materia seca, durante el verano, a la cuarta semana de rebrote, mientras que Salas<sup>(6)</sup> reportó el máximo rendimiento de forraje a la cuarta y quinta semana de rebrote en verano y otoño, respectivamente. Estos resultados indican que la acumulación de materia seca de las diferentes especies forrajeras puede ser maximizada, si se les permite rebrotar inmediatamente después de alcanzar el IAF óptimo, cuando la tasa de acumulación neta de forraje alcanza un valor máximo<sup>(7)</sup>.

Por tanto, definir el calendario de cortes de la alfalfa, con base a la velocidad de crecimiento estacional es de suma importancia, particularmente cuando se utilizan variedades de alfalfa de diferentes latitudes. Variedades de Panizo Azul (*Panicum virgatum*) desarrolladas a diferente latitud, presentaron diferente patrón de acumulación de forraje al ser evaluadas en la misma latitud<sup>(8)</sup>. El Valle de México, es una región con gran incidencia de bajas temperaturas y heladas durante el invierno, en la que se han establecido variedades de alfalfa

Alfalfa is the most widely used forage legume in dairy cattle production in Mexico's arid and semi-arid areas<sup>(1)</sup>. Its growth, longevity and forage yield depend to a large extent on clipping rate seasonal management.

On the other hand, forage production capacity for any species represents a balance between growth rate and tissue loss due to senescence and decomposition<sup>(2)</sup>, which varies throughout the year<sup>(3)</sup>; therefore knowledge of the effect of seasonal changes on the growth rate of diverse forages allows to determine the defoliation rate at which the greater high quality amount of forage may be produced<sup>(4)</sup>. In this respect, alfalfa accumulates the higher dry matter amount in Summer at the fourth week<sup>(5,6)</sup> and in autumn at the fifth regrowth week, in coincidence with the greater leaf area index (LAI)<sup>(3,6)</sup> and the larger green leaf mass<sup>(3)</sup>.

Hernández and Pérez<sup>(5)</sup> report that in alfalfa var. Moapa the higher dry matter accumulation in summer was obtained at the fourth regrowth week, while Salas<sup>(6)</sup> reports the higher forage yield on the fourth and fifth regrowth week in summer and autumn, respectively. These results indicate that dry matter accumulation in diverse forage species could be maximised if they are allowed to grow immediately after reaching their optimal LAI that is when the forage net accumulation rate reaches its higher values<sup>(7)</sup>.

Therefore, definition of a clipping calendar, based on growth rate is vital, especially when alfalfa varieties coming from different latitudes are used. Blue panic (*Panicum virgatum*) varieties developed in different latitudes, showed different accumulation patterns when grown in the same latitude<sup>(8)</sup>. The Valley of Mexico is an area prone to low temperatures and frosts in winter in which alfalfa cultivars developed in different latitudes have been planted and present a differential potential for dry matter production in different seasons. The objective of the present research was to study the effect of three harvesting systems in summer and spring, autumn and winter on productive behaviour of five commercial alfalfa varieties.

desarrolladas en diferentes latitudes, lo que influye en un potencial diferencial para la producción de materia seca en las diferentes estaciones del año. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto de tres regímenes de cosecha durante las estaciones de primavera y verano, otoño e invierno en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa.

El estudio se efectuó en condiciones de campo, de marzo de 2000 a junio de 2001, en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México (19° 29' N y 98° 53' O y 2,250 msnm); con clima templado subhúmedo (Cb(wo)(w)(i')g), con lluvias en verano y un promedio anual de precipitación y temperatura de 645 mm y 15 °C, respectivamente<sup>(9)</sup>, suelo de textura arcillosa con pH de 8.1, contenido de materia orgánica de 3.28 % y conductividad eléctrica de 0.61 dSm<sup>-1</sup>.

Se utilizó semilla comercial de las variedades de alfalfa: San Miguel, Oaxaca, Moapa, Valenciana y Cuf-101; la siembra se realizó al voleo con una densidad de 30 kg ha<sup>-1</sup> el 16 de marzo de 2000; la densidad de siembra se ajustó por el peso de la semilla y el porcentaje de germinación de cada variedad. El suelo se fertilizó previamente con una dosis de 60-140-00 y la semilla se cubrió con un rastrillo; 14 meses después de la siembra (20 de mayo 2001) se hizo una aplicación de 40 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno. Se efectuaron riegos cada 15 días en los períodos de ausencia de lluvias (septiembre a mayo).

Las variedades fueron asignadas a un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones; la unidad experimental consistió de una parcela de 3 x 3 m y los cortes de forraje se hicieron de acuerdo a la estación del año: en primavera y verano las plantas se cortaron cada cuatro semanas, en otoño cada cinco y en invierno cada seis semanas.

Las variables evaluadas en cada unidad experimental fueron:

1) Rendimiento de materia seca por corte (RMS, t ha<sup>-1</sup>) que se estimó al cortar las plantas a una altura de 5 cm sobre la superficie del suelo en un cuadro fijo de 0.5 x 0.5 m, seleccionado al azar;

The present study was carried out in field conditions between March 2000 and June 2001 in Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico, Mexico (19° 29' N; 98° 53' W, 2,250 meters above sea level), sub-humid temperate climate (Cb(wo)(w)(I')g), with predominantly summer rains, 645 mm average annual rainfall and 15 °C average temperature<sup>(9)</sup>, clay soils with pH 8.0, 3.28 % organic matter and 0.61 dSm<sup>-1</sup> electric conductivity.

Commercial seed of the following varieties was used: San Miguel, Oaxaca, Moapa, Valenciana and CUF 101. Planting was carried out with a seed sprayer at a 30 kg ha<sup>-1</sup> rate on March 16, 2001; seeding rate was adjusted by seed weight and germination percentage in each variety. Soil was fertilised previously at a 60-140-00 rate and seed was covered with a rake 14 mo after planting (May 20, 2001) nitrogen fertiliser at 40 kg N ha<sup>-1</sup> was applied. From September to May (dry period) the plots were watered every fortnight.

The experiment was sown in a completely randomised block design with three replications. Experimental unit was 3 x 3 m and clippings were performed in accordance with season, in summer and spring every four weeks, in winter at six weeks intervals and every five weeks in autumn.

Variables studied were:

1) Dry matter per clipping (YDM) t ha<sup>-1</sup>, calculated by clipping plants at a 5 cm height in a 0.50 x 0.50 m square randomly selected, green forage was weighted and a 150 g sample was taken and separated into its components (leaf, stem and dead material) and dried in a forced air stove at 55 °C for 72 h. Through YDM the total dry matter yield TADM t ha<sup>-1</sup> was estimated, as well as that for leaves, stems and dead material. The total accumulated dry matter (YTADM) was estimated adding the yield of each clipping throughout the study.

2) Seasonal accumulated dry matter yield (SYADM) t ha<sup>-1</sup> was estimated through an adjustment of the growth rate for days corresponding to each season.

3) Absolute growth rate (AGR, DM kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

el forraje cosechado se pesó en verde y se tomó una submuestra de aproximadamente 150 g, la cual se separó en sus componentes morfológicos (hoja, tallo y material muerto), y se secó en una estufa con sistema de aire forzado a 55 °C durante 72 h. Con el RMS por corte se estimó la acumulación de materia seca total (AMST, t ha<sup>-1</sup>), rendimiento de materia seca en hojas (RMSH, t ha<sup>-1</sup>), tallos (RMST, t ha<sup>-1</sup>) y material muerto (RMSMM, t ha<sup>-1</sup>); el rendimiento de materia seca acumulado total (RMSAT, t ha<sup>-1</sup>) se calculó sumando el rendimiento obtenido en cada corte, hasta al final del estudio.

2) Rendimiento estacional de materia seca acumulada (REMSA, t ha<sup>-1</sup>) se calculó al ajustar la tasa de crecimiento para los días que corresponden a una determinada estación.

3) Tasa absoluta de crecimiento (TAC, kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) calculada al dividir el rendimiento obtenido por corte entre el número de días de crecimiento.

4) Relación hoja:tallo (H:T) calculada al dividir la cantidad de materia seca en hojas entre la cantidad de materia seca en tallos.

5) Tasa de aparición de hojas (TAH, número de hojas tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) determinada a mediados de cada estación en diez tallos previamente marcados, a los que se les registró semanalmente el número de hojas presentes y se dividió entre el número de días por semana, durante un intervalo de corte.

6) Densidad de tallos (DT, tallos m<sup>-2</sup>) que se evaluó en un aro de PVC de 15.24 cm de diámetro, colocado aleatoriamente en un sitio fijo en cada unidad experimental, en el cual se contaron los tallos existentes antes de iniciar el experimento y posteriormente una semana antes de realizar cada corte.

Los datos de precipitación y temperaturas máxima y mínima se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicada aproximadamente a 200 m del sitio en el que se llevó a cabo el presente estudio; las temperaturas se obtuvieron con un termómetro tipo six de máximas y mínimas, y la precipitación se determinó con un pluviómetro.

was calculated dividing yield per clipping by the time frame in days.

4) Leaf:stem ratio (L:S) was estimated by dividing the total dry matter in leaves by total dry matter in stems.

5) Leaf emergence rate (LER, number of leaves stem<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), determined at the middle of each season in ten previously identified stems; each week the number of leaves were recorded and divided by total number of days of the week in the period between clippings.

6) Density of stems (DS, stems m<sup>-2</sup>), assayed with a 15.24 cm PVC diameter ring placed at random in a fixed site in each experimental unit; number of stems were counted before starting this experiment and one week after each clipping.

Rainfall and temperature data were obtained from the CP Meteorological Station, situated some 200 m from the experiment's site. High and low temperatures were obtained by means of a six type thermometer and rainfall was measured with a pluviometer.

The statistical analysis was carried out with the SAS for Windows v 6.12<sup>(11)</sup> software in accordance with the following model:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + B_{ik} + V_j + CV_{ij} + E_{ijk}$$

Where  $Y_{ijk}$  represents the k replication of level i of C and level j of V;  $\mu$  being the general average;  $C_i$  being the effect of the clipping date at level i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11;  $B_{ik}$  represents the block effect at level k = 1, 2, 3;  $V_j$  being effect of variety at level j = 1, 2, 3, 4 and 5;  $CV_{ij}$  represents the interaction C x V at levels i and j and finally  $E_{ijk}$  represents experimental error. Comparison between averages was performed through the honest significant difference (HSD,  $P < 0.05$ ).

Maximum temperature fluctuated between 24 and 36.7 °C and minimum between -5.3 and 13.5 °C. The values for minimum temperatures indicate that plants were exposed to unfavorable growing

El análisis estadístico para las variables determinadas se llevó a cabo con el programa estadístico SAS para Windows, versión 6.12<sup>(11)</sup> de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = m + C_i + B_{ik} + V_j + CV_{ij} + E_{ijk}$$

donde,  $Y_{ijk}$  representa a la variable de respuesta en la repetición  $k$  del nivel  $i$  de  $C$  y nivel  $j$  de  $V$ ;  $m$  es la media general;  $C_i$  es el efecto de la fecha de corte al nivel  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$  y  $11$ ;  $B_{ik}$  es el efecto de bloques al nivel  $k = 1, 2, 3$ ;  $V_j$  es el efecto de variedad al nivel  $j = 1, 2, 3, 4$  y  $5$ ;  $CV_{ij}$  es el efecto de la interacción  $C \times V$  al nivel  $i, j$  y  $E_{ijk}$  es el error experimental. La comparación de medias se hizo con la diferencia significativa honesta (DSH,  $P < 0.05$ ).

La temperatura máxima varió de 24 a 36.7 °C, y la mínima de -5.3 a 13.5 °C durante el estudio; la baja temperatura mínima registrada, indica que las plantas estuvieron sujetas a condiciones térmicas desfavorables para su crecimiento durante la estación de invierno, lo que se reflejó en una menor

conditions in winter, which accounts for a lower production, considering that alfalfa stops growing at 5 °C<sup>(10)</sup>. Alfalfa can grow between -15<sup>(11)</sup> and 40 °C<sup>(12)</sup> with a 15 °C<sup>(11)</sup> annual average or optimal temperatures between 18 and 28 °C<sup>(11)</sup> and 25 °C<sup>(12)</sup>. Minimum (-5.3 - 13.5 °C), maximum (24 to 36 °C) and annual average (17.2 °C) temperatures reported in this study are similar to those indicated in literature as optimal for alfalfa's growth and development<sup>(11,12)</sup>.

Total accumulated rainfall was 942 mm, distributed between June and September 2000 and May to July 2001. Accumulated rainfall from March to December 2000 was 698 mm and from January to July 2001, 244 mm, therefore seemed necessary to irrigate fortnightly from March to May and from October to December 2000 and from January to May 2001. Total accumulated rainfall (942 mm) was higher than that mentioned by some authors as adequate for alfalfa's growth and development<sup>(11)</sup>.

Dry matter yield per clipping (DMY) is shown in Table 1. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca por corte de cinco variedades de alfalfa. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México. 2000 - 2001 (t de MS ha<sup>-1</sup>)

Table 1. Dry Matter yield (DM t ha<sup>-1</sup>) per clipping in five alfalfa varieties. Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico. 2000-2001

Month/Clipping	Varieties						Average	HSD
	San Miguel	Oaxaca	Moapa	Valenciana	Cuf-101			
July	3.84	3.62	4.14	3.60	3.40	NS	3.72	1.39
August	2.94	3.48	3.16	2.47	2.48	*	2.91	0.89
September	2.60	2.46	2.83	1.85	2.27	NS	2.4	1.07
October	2.91	2.77	3.26	2.05	2.60	*	2.72	1.13
November	3.73	3.49	3.24	1.86	2.41	*	2.95	0.81
December	3.37	3.13	3.21	1.58	2.36	*	2.73	0.78
January	3.01	2.76	3.17	1.30	2.30	*	2.51	0.75
February	2.85	3.32	2.74	2.11	2.35	*	2.67	0.89
March	4.15	4.86	3.64	3.17	2.91	*	3.75	1.50
April	3.37	3.60	2.82	2.72	2.34	NS	2.97	1.79
May	2.83	2.64	2.10	2.31	1.85	NS	2.35	1.25
June	2.56	2.21	2.02	2.05	1.76	NS	2.12	0.99
Average	3.16	3.20	3.01	2.32	2.42			

HSD = Honest significant difference. NS = Non significant, \* = ( $P < 0.05$ ).

producción de forraje en esta estación, al considerar que la temperatura base a la que la alfalfa detiene su crecimiento es de 5 °C<sup>(10)</sup>. La alfalfa puede crecer en condiciones de temperatura que varían de -15 °C a 40 °C, con medias anuales de 15 °C, óptimas entre 18 y 28 °C y 25 °C<sup>(11,12)</sup>. Las temperaturas mínimas (-5.3 a 13.5 °C), máximas (24 a 36.7 °C) y media anual (17.2 °C), registradas en el presente estudio fueron similares a las temperaturas mínima, máxima y óptima indicadas en la literatura para el crecimiento y desarrollo de la alfalfa<sup>(11,12)</sup>.

La precipitación total acumulada fue de 942 mm, distribuida de junio a septiembre de 2000 y de mayo a julio de 2001; la cantidad de precipitación acumulada en el periodo de marzo a diciembre de 2000 fue de 698 mm y para el periodo de enero a julio de 2001 de 244 mm, por lo que fue necesaria la aplicación de riegos cada dos semanas en los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre de 2000, y enero a mayo de 2001. La precipitación total acumulada (942 mm) fue mayor a la señalada por otros autores<sup>(11)</sup> como apropiada para el cultivo de la alfalfa.

El rendimiento de materia seca por corte (RMS) se presenta en el Cuadro 1. Se detectaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades en los meses de agosto, octubre y noviembre de 2000, y de enero a marzo de 2001; la variedad Oaxaca tuvo mayor RMS que las otras variedades en agosto, febrero y marzo, y un rendimiento similar ( $P < 0.05$ ) a las variedades San Miguel y Moapa y mayor que Valenciana y Cuf-101 en noviembre; la variedad Moapa presentó mayor RMS que las demás variedades en los meses de octubre y enero. El rendimiento de materia seca por corte en promedio de las cinco variedades fue mayor en los cortes de julio, agosto y noviembre de 2000, y marzo y abril de 2001, que la media de todos los cortes (2.82 t de MS ha<sup>-1</sup>); los altos rendimientos de materia seca observados en julio y agosto coincidieron con la presencia de temperaturas mínimas promedio de 8 °C y máximas promedio de 30 °C, con más de 80 mm de lluvia y con las mayores tasas de crecimiento registradas durante el verano<sup>(5)</sup>; en noviembre, marzo y abril, la alta producción de materia seca coincidió con

found among varieties in August, October and November 2000 and from January to March 2001. Oaxaca showed a higher DMY than other varieties in August, February and March and similar DMY ( $P < 0.05$ ) to San Miguel and Moapa and greater than Valenciana and CUF-101 in November. Moapa had a higher DMY than all the other varieties in October and January. Average DMY per clipping for all five varieties was higher in July, August and November 2000 and March and April 2001 than the total average (2.82 DM t ha<sup>-1</sup>). The high dry matter yields observed in July and August coincided with 8 °C average minimum temperature and 30 °C average maximum temperature, rainfall in excess of 80 mm and also with the higher growth rates recorded in Summer<sup>(5)</sup>. In November, March and April the high dry matter yield coincided with a 1 °C average minimum temperature and 33 °C average maximum temperature and the application of irrigation. Dorantes<sup>(13)</sup> mentions that the higher dry matter yield was obtained in May in the Texcoco area, because of the lower minimum temperatures recorded in that month. The high DMY in clippings with low minimum temperatures could be explained through a greater carbohydrate accumulation in the crown and roots during the fall that can be used for growth in the winter regrowth. Cunningham and Volenec<sup>(14)</sup> observed that carbohydrate content was less in non dormant alfalfa varieties in the fall than in dormant varieties in comparison with winter varieties. Other studies<sup>(15)</sup> indicate that saccharose, stachiose and raphinose content increased in the roots of alfalfa plants subject to low temperatures, while glucose, fructose and starch content decreased; differences in the maximum level of cold resistance between winter and non winter varieties have been more related to an increase in capacity to accumulate stachiose and raphinose than saccharose.

Absolute growth rate (AGR) (Table 2) showed differences ( $P < 0.05$ ) among varieties in winter and fall clippings (October to March), being Valenciana and CUF-101 the varieties with the lower AGRs. The highest AGR was recorded in July, with no differences between varieties and the lowest AGR was observed in January, being

PRODUCTIVIDAD DE ALFALFA CON TRES REGÍMENES DE COSECHA

Cuadro 2. Tasa absoluta de crecimiento de cinco variedades de alfalfa. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México. 2000 - 2001 (kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

Table 2. Absolute growth rate for five alfalfa varieties. Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico. 2000-2001 (DM kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

Month/Clipping	Varieties						Average	HSD
	San Miguel	Oaxaca	Moapa	Valenciana	Cuf-101			
July	137.0	129.3	147.7	128.7	121.7	NS	132.9	49.7
August	105.3	124.0	113.0	88.0	88.7	*	103.8	31.4
September	93.7	88.0	101.0	66.3	77.0	NS	85.0	43.6
October	83.3	79.0	93.0	58.7	74.3	*	77.7	32.5
November	106.7	99.7	92.3	53.0	69.0	*	84.1	23.2
December	89.2	82.7	83.8	42.0	62.0	*	71.9	19.8
January	71.7	65.7	75.3	31.0	55.0	*	59.7	18.1
February	68.0	79.0	65.0	50.3	56.3	*	63.7	21.2
March	99.0	115.3	87.0	75.3	69.0	*	89.1	35.7
April	120.3	129.0	100.7	97.0	84.0	NS	106.2	63.8
May	101.3	94.0	75.0	82.3	66.0	NS	83.7	44.3
June	91.7	79.3	72.0	73.3	63.0	NS	75.9	35.8
Average	97.9	98.4	92.9	73.1	74.9			

HSD = Honest significant difference. NS = Non significant, \* = ( $P < 0.05$ ).

temperaturas mínimas promedio de 1 °C y máximas promedio de 33 °C con la aplicación de riegos. Dorantes<sup>(13)</sup> observó que la alfalfa produjo sus más altos rendimientos de materia seca en el mes de mayo en la región de Texcoco, Edo. de México, debido a que en este mes se registraron temperaturas mínimas del aire más bajas, que favorecieron una mayor acumulación de materia seca. El alto RMS en los cortes con bajas temperaturas mínimas puede deberse también a que las variedades con mayor RMS, tengan mayor capacidad de almacenar carbohidratos en la corona y las raíces en otoño, para utilizarlos en el crecimiento del rebrote en invierno; Cunnhingham y Volenec<sup>(14)</sup> observaron que el contenido de carbohidratos fue menor en las raíces de variedades de alfalfa sin dormancia en otoño que en variedades con dormancia, en comparación con variedades de invierno. Otros estudios<sup>(15)</sup>, indican que la concentración de sacarosa, estaquiosa y rafinosa aumentó en las raíces de plantas de alfalfa sometidas a bajas temperaturas, mientras que las concentraciones de glucosa, fructosa y almidón disminuyeron; las diferencias en el máximo nivel de tolerancia al frío entre

Oaxaca, San Miguel and Moapa the ones with a higher AGR ( $P < 0.05$ ). These varieties presented a higher AGR than Valenciana and CUF-101 in the August, October, November, January, February and March clippings. The growth rate is one of the most important components of dry matter yield and represents the relationship between radiation energy received by plants and their productivity<sup>(16)</sup>. AGR was higher than the 11 clippings average (87.4 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) in July, August, March and April months in which the higher dry matter yield was obtained in this study. In sandy loams in the Valley of México, alfalfa AGR was influenced by variations in temperature and solar radiation and also that the higher AGRs were recorded in Spring and Summer<sup>(5,6)</sup>.

Total dry matter accumulation (TDMA) per morphological component is shown in Figure 1. Differences ( $P < 0.05$ ) among varieties were detected between October 2000 and June 2001. Oaxaca, San Miguel and Moapa showed the higher TDMA (35.2, 34.8 and 33.1 DM t ha<sup>-1</sup>, respectively). Valenciana was the variety with the

variedades de invierno y variedades no invernales han estado más relacionadas a un aumento en la capacidad de las plantas para acumular estaquiosa y refinosa que sacarosa.

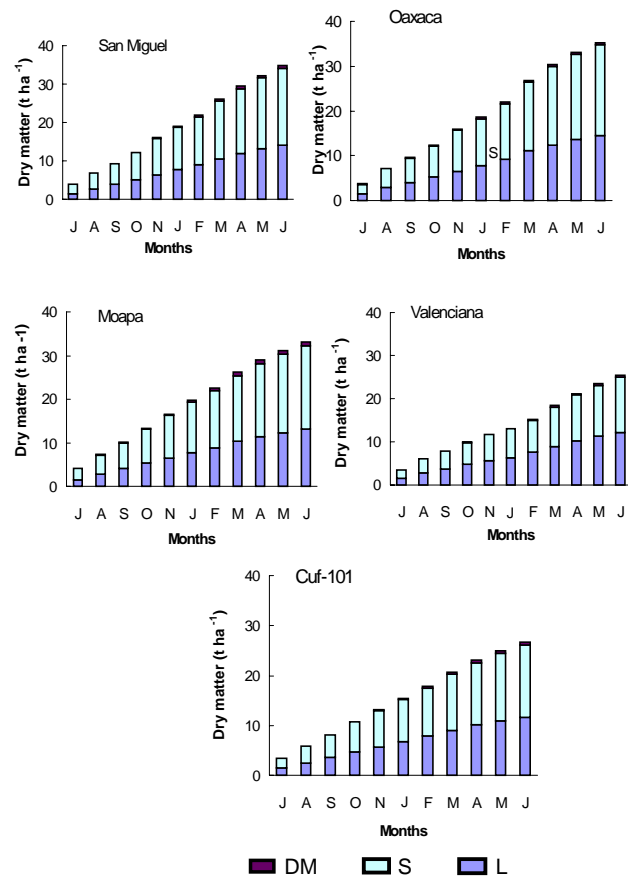
La tasa absoluta de crecimiento (Cuadro 2) presentó diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades en los cortes realizados en otoño e invierno (octubre a marzo), siendo las variedades Valenciana y Cuf-101, las que registraron las menores TAC. La tasa más alta se observó en el corte de julio, sin presentar diferencias entre variedades, y la más baja se registró en el corte de enero, en el que las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa tuvieron mayor TAC ( $P < 0.05$ ) que Valenciana y Cuf-101. Las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa, tuvieron mayor TAC que Valenciana y Cuf-101 en los cortes de agosto, octubre, noviembre, enero, febrero y marzo. La tasa de crecimiento del cultivo es uno de los componentes más importantes del rendimiento de materia seca y representa la relación entre la energía radiante recibida por el follaje y la productividad<sup>(16)</sup>; la TAC fue más alta que el promedio de los 11 cortes ( $87.4 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) en julio, agosto, marzo y abril, meses en los que se obtuvo el más alto rendimiento de materia seca en el presente experimento. Estudios efectuados en suelos de textura migajón arenoso, en el Valle de México, indicaron que la TAC fue afectada por las fluctuaciones en temperatura y radiación solar, y que las mayores tasas de crecimiento se registraron durante primavera y verano<sup>(5,6)</sup>.

La acumulación de materia seca total (AMST) por componente morfológico se muestra en la Figura 1. Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades, en el período de octubre de 2000 a junio de 2001; las variedades que presentaron la mayor AMST fueron Oaxaca, San Miguel y Moapa con  $35.2$ ,  $34.8$  y  $33.1 \text{ t de MS ha}^{-1}$ , respectivamente. La menor acumulación se observó en la variedad Valenciana con  $25.5 \text{ t de MS ha}^{-1}$  ( $P < 0.05$ ). Resultados similares fueron registrados por otros autores en Oaxaca<sup>(17)</sup>, donde el rendimiento total de alfalfa presentó el siguiente orden descendente Oaxaca > Tlacolula > Moapa > Valenciana.

El rendimiento de materia seca de hojas (RMSH) siguió el mismo patrón que el observado para el

Figura 1. Cambios mensuales en la acumulación de materia seca de hojas, tallos y material muerto de cinco variedades de alfalfa. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México. 2000-2001

Figure 1. Monthly changes in dry matter accumulation in leaves (L), stems (S) and dead material (DM) in five alfalfa varieties. Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico. 2000-2001



lowest TDMA,  $25.5 \text{ DM t ha}^{-1}$  ( $P < 0.05$ ). Similar results are reported by other authors in Oaxaca<sup>(17)</sup>, where total yield followed this order from higher to lower: Oaxaca > Tlacolula > Moapa > Valenciana.

DMY in leaves (DMYL) followed the same pattern than that for stems (Figure 1). The varieties which showed higher DMYL were Oaxaca and San Miguel,  $14.4$  and  $14.1 \text{ DM t ha}^{-1}$  respectively. DMYL showed a tendency similar to that of TDMA and DMYS, presenting



rendimiento de materia seca en tallos (Figura 1). Las variedades con los más altos RMSH fueron Oaxaca y San Miguel con 14.4 y 14.1 t de MS de hojas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El RMST mostró una tendencia similar a la observada para la AMST y el RMSH, presentando diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades en los cortes efectuados en el período de septiembre de 2000 a junio de 2001, cuando las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa tuvieron los valores más altos con 20.4, 20.1 y 19.1 t de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La mayor AMST de estas tres variedades estuvo determinada por un mayor RMST, de tal forma que el rendimiento de hoja fue menor que el de tallo en todas las variedades. También, se detectaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades para el rendimiento de materia seca en material muerto (RMSMM); este presentó el siguiente orden descendente: Moapa > San Miguel > Cuf-101 > Oaxaca > Valenciana con 0.87, 0.63, 0.57, 0.41 y 0.40 t de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Las variedades Moapa y Oaxaca presentaron mayor proporción de materia seca acumulada con respecto a la materia seca total anual en primavera e invierno, respectivamente, mientras que Valenciana mostró mayor proporción de materia seca acumulada que las otras variedades en verano y primavera; este comportamiento diferencial en la acumulación de materia seca entre variedades en las diferentes estaciones del año, sugiere que la producción de forraje en la pradera podría planearse de acuerdo al potencial de crecimiento de las variedades en las diferentes estaciones del año.

El rendimiento estacional de materia seca acumulada (REMSA) expresado como porcentaje del rendimiento de materia seca total anual (31,132 kg de MS ha<sup>-1</sup>) presentó el siguiente orden descendente: verano 31 % > primavera 27 % > otoño 22 % > invierno 20 % (Cuadro 3). Estos resultados no concuerdan con lo reportado por otros autores en praderas de alfalfa en los Valles Centrales de Oaxaca<sup>(17)</sup>. Ellos registraron el siguiente orden en el rendimiento estacional de forraje: primavera > invierno > verano > otoño. El REMSA fue más alto en verano (julio, agosto y septiembre), periodo en el que las temperaturas mínimas fueron menores de 10 °C,

significant differences ( $P < 0.05$ ) between varieties in clippings from September 2000 to June 2001, when Oaxaca, San Miguel and Moapa showed the higher values, 20.4, 20.1 and 19.1 DM t ha<sup>-1</sup>, respectively. The larger TDMA in these three varieties was determined by a higher DMYS owing to the fact that stem yield was higher than leaf yield in all varieties. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were detected among varieties for dry matter yield in dead material (DMYDM) following this order from top to bottom Moapa > San Miguel > CUF-101 > Oaxaca > Valenciana with 0.87, 0.63, 0.57, 0.41 and 0.40 DM t ha<sup>-1</sup>, respectively.

Moapa and Oaxaca showed the higher percentage of accumulated dry matter respect of the total dry matter produced annually in spring and winter, respectively, while Valenciana showed more accumulated dry matter respect of total dry matter produced annually in summer and spring. This differential behavior among varieties in different seasons suggests that forage production in a pasture could be planned according to varieties' growth potential throughout the year.

The seasonal yield of accumulated dry matter (SYADM), expressed as a percentage of total annual dry matter yield (31.132 DM t ha<sup>-1</sup>) showed the following descending order: Summer 31 % > Spring 27 % > Fall 22 % > Winter 20 % (Table 3). These results do not concur with those reported by other authors in alfalfa pastures of the Central Valleys of Oaxaca<sup>(17)</sup>, which follow this pattern Spring > Winter > Summer > Fall. SYADM was higher in summer (July, August, and September), period in which minimum temperatures were lower than 10 °C and maximum temperatures close to 30 °C, with adequate rainfall. The lowest SYADM was obtained in winter (January to March). Similar results were reported by Velasco *et al.*<sup>(3)</sup> for Orchard grass in the Valley of México. San Miguel and Oaxaca showed higher SYADM than Valenciana and CUF-101 in summer, fall and winter and Moapa had greater SYADM than Valenciana and CUF-101 in Summer, Fall and Winter. Oaxaca produced more dry matter than the other varieties in August, February and March; Oaxaca, San

Cuadro 3. Rendimiento estacional de materia seca acumulada en promedio de cinco variedades de alfalfa. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México. 2000-2001

Table 3. Seasonal yield of accumulated dry matter (DM kg ha<sup>-1</sup>) for five alfalfa varieties. Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico. 2000-2001

Season	Varieties					Average	HSD	
	San Miguel	Oaxaca	Moapa	Valenciana	Cuf-101			
Seasonal yield of accumulated dry matter (DM kg ha <sup>-1</sup> )								
Summer	10305	10414	10852	8770	8707	*	9810	1330
Fall	8132	7612	8142	4658	6221	*	6953	1785
Winter	6923	7327	6734	4260	5280	*	6105	798
Spring	9660	9603	7728	7753	6579	*	8265	1807
Percentage of annual growth (%)								
Summer	29	29	32	34	32	NS	31	6
Fall	23	21	24	18	23	NS	22	9
Winter	20	21	20	17	20	NS	20	6
Spring	28	27	23	31	25	NS	27	8

HSD = Honest significant difference. NS = Non significant, \* = ( $P < 0.05$ ).

las máximas cercanas a 30 °C, y las condiciones de lluvia fueron favorables para el crecimiento; el REMSA más bajo se obtuvo en invierno (enero a marzo), estación en la que las temperaturas mínimas registradas fueron con frecuencia inferiores a 0 °C y las máximas menores a 30 °C. Resultados similares fueron reportados por Velasco *et al.*<sup>(3)</sup>, en praderas de pasto Orchard, en el Valle de México. Las variedades San Miguel y Oaxaca tuvieron mayor REMSA que las variedades Valenciana y Cuf-101 en verano, otoño, invierno y primavera, y la variedad Moapa tuvo mayor REMSA que Valenciana y Cuf-101 en verano, otoño e invierno. La variedad Oaxaca produjo mayor rendimiento de materia seca que las otras variedades en agosto, febrero y marzo; Oaxaca, San Miguel y Moapa tuvieron mayor rendimiento de materia seca que Cuf-101 y Valenciana en noviembre, y Moapa superó a las demás variedades en octubre y enero; todos estos cortes se realizaron en períodos en que la temperatura mínima del aire fue más baja y menor a 5 °C. Este comportamiento en la producción de materia seca indica que las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa, tienen mayor capacidad de adaptación a variaciones térmicas, con una marcada disminución en la temperatura

Miguel and Moapa yielded more dry matter than CUF-101 and Valenciana in November and Moapa outperformed all other varieties in October and January. All these clippings were performed when minimum temperature was lower than 5 °C. This dry matter production behavior indicates that Oaxaca, San Miguel and Moapa show greater adaptation to changes in temperature, especially to severe drops in minimum temperature, than Valenciana and CUF-101. Nelson and Smith<sup>(18)</sup> report greater growth and dry weight accumulation in plants growing in 18/10 °C than in 31/24 °C conditions.

Significant differences ( $P < 0.05$ ) between varieties were observed in clippings carried out from July 2000 to April 2001, with Valenciana presenting the best ratio, followed by CUF-101; the higher values were obtained in the January clipping (Table 4). The L:S ratio showed changes in the period of this study and was higher than the average (0.79) in September, October, January, February and April. Oaxaca, San Miguel and Moapa showed a lower L:S ratio than Valenciana and CUF-101. The lower L:S ratio shown by those varieties which yielded more total dry matter confirms the

Cuadro 4. Cambios mensuales en la relación hoja:tallo de cinco variedades de alfalfa. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México. 2000 - 2001

Table 4. Monthly changes in leaf:stem ratio for five alfalfa varieties. Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico. 2000-2001

Month/Clipping	Varieties					Average	HSD	
	San Miguel	Oaxaca	Moapa	Valenciana	Cuf-101			
July	0.63	0.66	0.64	0.79	0.73	*	0.69	0.14
August	0.78	0.73	0.67	0.94	0.77	*	0.78	0.22
September	0.81	0.85	0.79	1.14	0.89	*	0.89	0.14
October	0.72	0.78	0.70	1.15	0.87	*	0.84	0.12
November	0.55	0.53	0.51	0.90	0.60	*	0.62	0.14
December	0.76	0.79	0.66	1.18	0.81	*	0.84	0.32
January	0.96	1.04	0.81	1.46	1.02	*	1.05	0.46
February	0.81	0.77	0.75	1.20	0.94	*	0.90	0.22
March	0.63	0.63	0.64	0.84	0.75	*	0.70	0.16
April	0.70	0.65	0.77	0.95	0.87	*	0.79	0.16
May	0.67	0.67	0.72	0.78	0.79	NS	0.73	4.89
June	0.68	0.67	0.72	0.79	0.80	NS	0.73	0.20
Average	0.72	0.73	0.70	0.99	0.82			

HSD = Honest significant difference. NS = Non significant. \* = ( $P < 0.05$ ).

mínima del aire que Valenciana y Cuf-101. Nelson y Smith<sup>(18)</sup> observaron mayor crecimiento y acumulación de peso seco en plantas crecidas en condiciones de temperatura de 18/10 °C que en plantas con regímenes térmicos de 32/24 °C.

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre variedades, en los cortes realizados de julio de 2000 a abril de 2001; la variedad Valenciana presentó la mayor relación, seguida por Cuf-101; los mayores valores se observaron en el corte de enero (Cuadro 4). La relación H:T presentó cambios durante el período de estudio y fue más alta que la media de todos los cortes (hoja:tallo=0.79) en septiembre, octubre, enero, febrero y abril; las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa, tuvieron menor relación H:T que Valenciana y Cuf-101. La menor relación H:T en las variedades que produjeron el mayor rendimiento de materia seca, corrobora la importancia que tiene el tallo en relación a las hojas, para la acumulación de materia seca total en la planta. La alta relación H:T observada en invierno, pudo deberse al efecto que las bajas temperaturas tienen en el crecimiento de las plantas en los meses invernales, al disminuir la longitud de los entrenudos y la longitud total del

importance of stems in dry matter accumulation. The high L:S ratio seen in winter could be due to the effect of low temperatures on plant growth, diminishing internode and total stem length, and also on dry weight. Villegas<sup>(17)</sup> reported a higher L:S ratio in winter followed by fall, summer and spring.

In summer leaf emergence took place during four weeks with no differences between varieties (Table 5). In fall, winter and spring, leaf emergence took place during five, six and four weeks, respectively. In general, leaf emergence rate (LER) showed a tendency to diminish from the third regrowth week onwards. At the third week in both fall and winter Oaxaca and Moapa presented a higher LER ( $P < 0.05$ ). In spring, CUF-101, Oaxaca, San Miguel and Valenciana presented a higher LER than Moapa in the second week and CUF-101, Oaxaca, Valenciana and Moapa presented a lower LER than San Miguel in the fourth week.

When the LER average for all varieties per season is analyzed (Table 5), the higher values were observed in spring (0.89 leaves stem<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>).

Cuadro 5. Tasa de aparición de hojas de cinco variedades de alfalfa en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. Montecillo, Municipio de Texcoco, Edo. de México. 2000 - 2001 (hojas tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>)

Table 5. Leaf emergence rate (leaves stem<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) for five alfalfa varieties in summer, fall, winter and spring. Montecillo, Municipality of Texcoco, State of Mexico. 2000-2001

Season/Week	Varieties					Average	HSD	
	San Miguel	Oaxaca	Moapa	Valenciana	Cuf-101			
<b>Summer</b>								
1	0.50	0.50	0.50	0.43	0.53	NS	0.49	0.22
2	0.53	0.47	0.43	0.43	0.40	NS	0.45	0.20
3	0.40	0.17	0.20	0.33	0.43	NS	0.31	0.32
4	0.27	0.27	0.23	0.20	0.17	NS	0.23	0.51
<b>Fall</b>								
1	0.67	0.67	0.70	0.60	0.57	NS	0.64	0.35
2	0.43	0.40	0.33	0.37	0.23	NS	0.35	0.40
3	0.30	0.47	0.17	0.53	0.27	*	0.35	0.35
4	0.20	0.33	0.07	0.27	0.23	NS	0.22	0.34
5	0.17	0.37	0.20	0.30	0.33	NS	0.27	0.40
<b>Winter</b>								
1	0.53	0.50	0.47	0.43	0.50	NS	0.49	0.24
2	0.47	0.53	0.47	0.53	0.50	NS	0.50	0.31
3	0.23	0.40	0.30	0.43	0.47	*	0.37	0.17
4	0.17	0.30	0.20	0.40	0.33	NS	0.28	0.32
5	0.23	0.27	0.30	0.53	0.33	NS	0.33	0.48
6	0.23	0.27	0.43	0.43	0.50	NS	0.37	0.40
<b>Spring</b>								
1	0.77	0.53	0.57	0.67	0.63	NS	0.63	0.26
2	0.90	0.93	0.57	0.87	1.17	*	0.89	0.42
3	0.53	0.67	0.40	0.67	0.87	NS	0.63	0.48
4	0.33	0.63	0.40	0.60	0.77	*	0.55	0.41

HSD = Honest significant difference. NS = Non significant. \* ( $P < 0.05$ ).

tallo y reducir su peso seco. Villegas<sup>(17)</sup> indica la mayor relación H:T en invierno seguida de otoño, verano y primavera.

En verano la aparición de hojas ocurrió en cuatro semanas, y no se detectaron diferencias entre variedades en ninguna de las semanas (Cuadro 5). En otoño, invierno y primavera la aparición de hojas ocurrió durante cinco, seis y cuatro semanas, respectivamente. En general, se observó que la TAH tendió a disminuir a partir de la tercera semana conforme transcurrió la edad del rebrote en todas las estaciones. En la tercera semana de otoño e

As a conclusion, dry matter production was different throughout the year, in summer, with clippings every four weeks, higher dry matter yields were obtained than in the fall and winter when clippings were carried out every five and six weeks. Oaxaca, San Miguel and Moapa produced more dry matter than CUF-101 and Valenciana in all seasons. The higher production in these varieties can be attributed to a higher absolute growth rate. Forage production in the Valley of México could be increased, if a clipping pattern is applied in accordance with each season, for example, at four weeks between clippings in

invierno las variedades Moapa y San Miguel tuvieron la mayor TAH ( $P < 0.05$ ). En primavera, las variedades Cuf-101, Oaxaca, San Miguel y Valenciana tuvieron mayor TAH que Moapa en la segunda semana, y en la cuarta semana las variedades Cut-101, Oaxaca, Valenciana y Moapa presentaron menor TAH que San Miguel. Al examinar el promedio de la TAH para todas las variedades por estación, se observa que se obtuvieron los valores más altos (0.63, 0.89, 0.63 y 0.55 hojas tallo<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) en primavera que en las demás estaciones, respectivamente.

Se concluye que la producción de materia seca fue diferente a través del año; en la estación de verano con cortes cada cuatro semanas se obtuvieron mayores rendimientos de materia seca que en otoño con cortes cada cinco semanas, e invierno con cortes cada seis semanas. Las variedades Oaxaca, San Miguel y Moapa produjeron mayores rendimientos de materia seca que las variedades Cuf-101 y Valenciana en todas las estaciones del año. La mayor producción de materia seca de estas variedades se debió a una mayor tasa absoluta de crecimiento. La producción de forraje de alfalfa en la región del Valle de México, podría maximizarse, si los regímenes de corte se practican de acuerdo a la estación del año, por ejemplo cortes cada cuatro semanas durante el verano y cada cinco, y seis semanas en otoño e invierno, respectivamente.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Hidalgo Produce, A.C., el financiamiento otorgado a través del Proyecto PM-16-08, para realización del presente trabajo de Investigación. También, se agradece a los Sres. Juan R. Alvarado Espinosa y Leobardo Gutiérrez Díaz, su apoyo en la siembra, conducción del experimento y registro de datos.

## LITERATURA CITADA

1. SAGAR. Boletín Bimestral de Leche. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). 2000.

summer and at five and six weeks distance in fall and winter, respectively.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors are most grateful to Fundación Produce Hidalgo A.C. which funded this research project (PM-16-08), and also to Juan R. Alvarado-Espinosa and Leobardo Gutiérrez-Díaz for their invaluable support throughout this study.

*End of english version*

- 
2. Bircham JS, Hodgson J. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass Forage Sci* 1983;38:323-331.
  3. Velasco ZME, Hernández-Garay A, González HVA, Pérez PJ, Vaquera HH, Galvis SA. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Téc Pecu Méx* 2001;39:(1)1-14.
  4. Hodgson JG. *Grazing management: Science into practice*. Harlow, England: Longman Scientific & Technical; 1990.
  5. Hernández-Garay A, Pérez JP. Determinación del estado fisiológico óptimo de corte de alfalfa [resumen]. XIII Congreso nacional de manejo de pastizales 1998:32.
  6. Salas BJE. Estado fisiológico óptimo de corte en alfalfa durante el verano y otoño [tesis maestría]. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Colegio de Postgraduados; 1998.
  7. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. 1993:95-104.
  8. Sanderson MA, Wolf DP. Morphological development of swardgrass in diverse environments. *Agron J* 1995;87:908-915.
  9. García, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen para adaptarlo a las condiciones de República Mexicana. 1988.
  10. Sharatt BS, Sheaffer CC, Baker DG. Base temperature for the application of the growing-degree-day model to field-grown alfalfa. *Field Crops Res* 1989;21:95-102.
  11. Del Pozo IM. La alfalfa. Su cultivo y aprovechamiento. Madrid, España: Mundi Prensa; 1983.
  12. Guitjenz JC. Alfalfa. In: BA Stewart & DR Nielsen editors. *Irrigation of agricultural crops*. Number 30 in the Series Agronomy, American Society of Agronomy. 1990:537-568.
  13. Dorantes JJ. Respuesta productiva de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a dos intensidades de pastoreo [tesis de maestría]. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Colegio de Postgraduados; 2000.
  14. Cunningham SM, Volenec JJ. Seasonal carbohydrate and nitrogen metabolism in roots of contrasting alfalfa (*Medicago sativa*)

- cultivars. *J Plant Physiol* 1998;153:220-225.
15. Castonguay Y, Nadeau P, Lechasseur P, Chouinard L. Differential accumulation of carbohydrates in alfalfa cultivars of contrasting winterhardiness. *Crop Sci* 1995;35:509-516.
  16. Warren WJ. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Ann Bot* 1981;48:507-512.
  17. Villegas AY. Análisis de crecimiento estacional y componentes del rendimiento de cuatro variedades de alfalfa [tesis de doctorado]. Montecillo, Texcoco, Edo. de México: Colegio de Postgraduados; 2002.
  18. Nelson CJ, Smith D. Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa. IV. Carbohydrate reserve levels and growth analysis under two temperature regimes. *Crop Sci* 1969;9:589-591.