

Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovido

Seasonal growth analysis of alfalfa-orchard grass swards

Job Zaragoza Esparza^a, Alfonso Hernández-Garay^b, Jorge Pérez Pérez^b, José G. Herrera Haro^b, Fernando Osnaya Gallardo^c, Pedro A. Martínez Hernández^d, Sergio S. González Muñoz^b, Adrián R. Quero Carrillo^b

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento estacional de la asociación alfalfa-pasto ovido y determinar el momento óptimo de cosecha; para ello, se realizó un análisis de crecimiento, por estación, de la pradera. Se utilizaron 24 parcelas de 3 X 3 m, distribuidas en un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron de cortes semanales sucesivos, durante un ciclo de rebrote de ocho semanas, a mediados de cada estación del año. Al inicio del estudio se realizó un corte de uniformización y se determinó el forraje residual, mediante tres muestras de 0.25 m², tomadas a ras de suelo; posteriormente, cada semana se cosecharon, de la misma forma, tres muestras en tres parcelas diferentes. Las variables evaluadas fueron: acumulación de materia seca, tasa de crecimiento del cultivo, composición botánica y morfológica, índice de área foliar y relación hoja:tallo. En los resultados se observa que la mayor acumulación de forraje ($P < 0.05$) se presentó en la quinta semana en primavera, verano y otoño y en la sexta en invierno (4540, 3350, 3600 y 2840 kg MS ha⁻¹). La mayor tasa de crecimiento se registró en la cuarta semana en primavera y verano ($P < 0.05$), en la tercera en otoño y en la quinta en invierno (120, 104, 107 y 78 kg MS ha⁻¹ d⁻¹). El mayor índice de área foliar en alfalfa se alcanzó en la quinta semana de rebrote en primavera, verano y otoño ($P < 0.05$) y en la sexta en invierno (3.5, 2.8, 2.0 y 1.9). La alfalfa constituyó el principal componente de la asociación durante todo el año de evaluación.

PALABRAS CLAVE: Alfalfa, Pasto ovido, Crecimiento estacional, Acumulación de forraje, Índice de área foliar.

ABSTRACT

The aim of the present study was to determine a seasonal growth curve in order to define the optimum harvesting time of an alfalfa - orchard grass sward during the different seasons of the year. To this end, a seasonal growth analysis was carried out. Twenty four (24) plots (3 x 3 m) were allocated in a completely randomized design with eight treatments and three replicates; treatments consisted of successive cuts at weekly intervals during an eight weeks regrowth cycle at the middle of each season. At the beginning of the trial all plots were cut to 5 cm height and three samples of 0.25 m² were cut at ground level to determine residual herbage mass. From then on three different plots were harvested each week in the same manner. Cumulative herbage mass, growth rate, botanical and morphological composition, leaf area index and leaf:stem ratio were the evaluated variables. Results showed that the highest cumulative herbage mass ($P < 0.05$) was found at the fifth week of regrowth in spring, summer and autumn and at the sixth week in winter (4540, 3350, 3600 and 2840 kg DM ha⁻¹, respectively). The highest growth rate was recorded at 4 wk of regrowth in spring and summer ($P < 0.05$), and at 3 and 5 wk in the fall and winter seasons (120, 104, 107 and 78 kg DM ha⁻¹ d⁻¹). The highest leaf area index in alfalfa was seen at 5 wk of regrowth in spring, summer and autumn ($P < 0.05$) and at 6 wk in winter (3.5, 2.8, 2.0 y 1.9). Alfalfa was the main component of the sward during the whole period of evaluation.

KEYWORDS: Alfalfa, Orchard grass, Seasonal growth, Cumulative herbage mass, Leaf area index.

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada en la alimentación del ganado

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the most used legume in milk production both in the US and

Recibido el 4 de junio de 2008. Aceptado para su publicación el 22 de agosto de 2008.

^a Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Tel. 01 (55) 58172033. jzaragoza4@msn.com. Correspondencia al primer autor.

^b Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería.

^c Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

^d Programa de Posgrado en Producción Animal, Depto. de Zootecnia. Universidad A. Chapingo.

productor de leche en los Estados Unidos y México^(1,2). Se siembra principalmente en monocultivo, pero en años recientes se ha asociado con gramíneas debido a que durante finales de otoño e invierno no crece por condiciones ambientales desfavorables. Una gramínea con la cual se ha asociado y evidenciado alta productividad y persistencia es el pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), siendo su principal ventaja que la producción de forraje se mantiene más o menos constante durante el año, eliminando casi totalmente su estacionalidad⁽³⁾.

Sin embargo, las prácticas de cosecha de una pradera asociada, generalmente, se establecen con base al manejo de la alfalfa en monocultivo, lo cual no es la mejor alternativa de producción, debido a que la gramínea tiene una curva de crecimiento diferente, llegando a su madurez antes que la alfalfa⁽⁴⁾. Por lo tanto, es necesario que los cortes se programen con base a la velocidad de crecimiento de la pradera asociada, la cual varía con la estación del año. Al respecto, Hernández-Garay⁽⁵⁾ señala que el conocimiento de la dinámica de crecimiento de las gramíneas y leguminosas, solas o asociadas, es esencial para la planeación de un sistema eficiente planta-animal. Esta información, aunada a los requerimientos nutricionales de los animales, permitirá programar un eficiente plan de manejo y, en consecuencia, obtener las mayores ganancias económicas por animal y unidad de superficie.

Hyo *et al*⁽⁶⁾ reportaron que la dificultad para mantener rendimientos aceptables del pasto ovilla, variedad Potomac, durante el verano, en el sur de Corea, donde es ampliamente utilizado en pastoreo y como forraje de corte, se debe parcialmente a la reducción de su crecimiento por las altas temperaturas. Estudios realizados, con pasto ovilla, en suelos de textura migajón arenosa, indicaron que la acumulación de forraje total fue afectada por las fluctuaciones en temperatura y radiación solar y que el mejor rendimiento de forraje podría obtenerse a partir de la tercera, cuarta, quinta y séptima semanas de rebrote en primavera, verano, otoño e invierno⁽⁷⁾.

En alfalfa, se obtuvieron⁽⁸⁾ los mayores rendimientos e índices de área foliar durante el verano y otoño en las semanas cuatro y cinco de rebrote, aunque en

Mexico^(1,2). It is mainly planted alone, but in recently it has been planted in association with grasses owing to the fact that alfalfa does not grow at the end of autumn and in winter due to unfavorable environmental conditions. A grass that has been used extensively is Orchard Grass (*Dactylis glomerata* L.) due to its high productivity and persistence. One of its main advantages is that production remains virtually constant all year round, thus almost eliminating seasonal variations⁽³⁾.

However, harvesting practices of an associated sward generally are based on stand alone alfalfa management, not being in this case the best production alternative, owing that alfalfa and the associated grasses have different growth curves, generally the grass maturing earlier⁽⁴⁾. Therefore, it is deemed necessary to program cuts based on the growth rate of the associated sward, which varies throughout the year. To this end, Hernández-Garay⁽⁵⁾ points out that knowledge of growth dynamics of grasses and legumes, either alone or in association, is essential for planning an efficient animal – plant system. This information, together with nutrient requirements of animals, allows programming an efficient management plan and therefore resulting in greater economic gains for each animal and hectare.

Hyo *et al*⁽⁶⁾ report that the difficulty to maintain acceptable yields in Orchard grass, var. Potomac during summer in southern Korea, where it is widely used for grazing and for cutting, is partially due to a decline in growth due to high temperatures. Studies carried out in Orchard grass in sandy loams, indicate that cumulative herbage production suffers the effect of variations in both temperature and solar radiation and that the greatest herbage yield is obtained in the third, fourth, fifth and seventh regrowth weeks in spring, summer, fall and winter⁽⁷⁾.

In alfalfa, Salas *et al*⁽⁸⁾ obtained the greatest herbage yield and leaf area index during spring and autumn in the fourth and fifth regrowth weeks, although in another study⁽⁹⁾ a higher seasonal yield 4, 9 and 11 %, respectively, was reported in summer than in spring, autumn and winter. Villegas *et al*⁽¹⁰⁾ mention that alfalfa pastures are dynamic entities,

otro trabajo⁽⁹⁾ se registró un rendimiento estacional 4, 9 y 11 % mayor en verano que en primavera, otoño e invierno. Villegas *et al.*⁽¹⁰⁾ mencionan que las praderas de alfalfa son entes dinámicos, donde la velocidad de rebrote de las plantas varía de acuerdo con la estación del año y que para obtener el máximo potencial de producción del cultivo cada variedad debe recibir un manejo estacional específico. Ellos observaron los máximos rendimientos estacionales de alfalfa variedad Valenciana en las semanas 4, 4, 5 y 8 y en la variedad Oaxaca a las semanas 6, 4, 5 y 6 para primavera, verano, otoño e invierno. Estos resultados señalan, que la acumulación de materia seca de las diferentes especies forrajeras puede ser maximizada, si se les permite rebrotar después de alcanzar el índice de área foliar (IAF) óptimo, cuando la tasa de acumulación neta de forraje alcanza un valor máximo⁽¹¹⁾.

El balance entre la tasa de crecimiento y pérdida de tejido de una pradera varía con la estación del año, por lo que el conocimiento de los cambios estacionales en la curva de crecimiento permite establecer la frecuencia de defoliación a la que se deben cosechar las diferentes especies forrajeras, para obtener un alto rendimiento de forraje de buena calidad⁽¹²⁾. En México, los patrones de producción de forrajes son influenciados por las variaciones regionales de clima, por lo que es importante conocer los patrones estacionales de crecimiento de las especies forrajeras más utilizadas en cada una de las regiones ecológicas del país. Por lo anterior, se realizó esta investigación con el objetivo de conocer el comportamiento productivo estacional de una pradera asociada alfalfa pasto ovilla y determinar el momento óptimo de cosecha.

El estudio se realizó de julio de 2002 a junio de 2003 en una pradera asociada alfalfa, variedad Cuf-101 y pasto ovilla, variedad Potomac, ubicada en el Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, localizado a 19° 37' y 19° 45' N y 99° 07' y 99° 14' O a 2,250 msnm, con clima templado subhúmedo (C (wo) (w) b (i')g), con lluvias en

where the regrowth rate in plants varies in accordance with season and therefore it is necessary to apply a specific seasonal management to obtain the greatest production potential. These researchers observed that the highest seasonal yields in alfalfa var. Valenciana were obtained in regrowth weeks 4, 4, 5 and 8 in spring, summer, fall and winter, respectively and in alfalfa var. Oaxaca in regrowth wk 6, 4, 5 and 6 during spring, summer, fall and winter, respectively. These results point out that cumulative dry matter production in several forage species can be maximized if allowed to regrow after reaching the optimal leaf area index (LAI), when the net herbage accumulation rate reaches its maximum value⁽¹¹⁾.

The equilibrium between growth rate and tissue loss in a sward changes with seasons throughout the year, and therefore knowledge of seasonal changes in the growth curve allows to establish the frequency of defoliation of different forage species which should be used at harvest time to obtain a high yield of good quality forage⁽¹²⁾. In Mexico, forage production patterns are influenced by regional climate variations, and therefore it is important to be acquainted with the seasonal production patterns of the most frequently used forage species in each of the ecological regions of the country. Owing to this, the present study was carried out with the aim of determining the seasonal productive behavior of an alfalfa – orchard grass sward and to determine the optimal time for harvest.

This study was carried out between July 2002 and June 2003 in an associated sward made up by alfalfa var. CUF 101 and Orchard grass var. Potomac, located at the Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Izcalli of the Universidad Autónoma de México, 19° 37' N and 99° 14' W, 2,250 m asl, subhumid temperate climate (C (wo) (w) b (i')g), mainly summer rainfall, 605 mm average annual rainfall and 16 °C average annual temperature. Soil can be classified as a pellic vertisol, fine textured, clay, 6.8 pH and 3.7 % organic matter content⁽¹⁴⁾. Soil was prepared for planting following the conventional system (plow, harrow, furrowing and leveling). The sward was established in January

verano y un promedio anual de precipitación y temperatura de 605 mm y 16 °C, respectivamente⁽¹³⁾. El suelo, es vertisol pélico, textura fina, arcilloso, pH de 6.8 y contenido de materia orgánica de 3.7 %⁽¹⁴⁾. Para el establecimiento de la pradera, el terreno se preparó de forma convencional (barbecho, rastreo, surcado y nivelado). La pradera fue sembrada, en enero de 2002, con una sembradora marca "Brillion", con una densidad de siembra de semilla pura viable de 15 kg ha⁻¹ de alfalfa, y 20 kg ha⁻¹ de pasto ovilla. Al momento de la siembra se fertilizó con la dosis 80-40-00 (N, P, K) Durante el periodo de establecimiento, de enero a mayo, la parcela se regó por aspersión cada dos semanas. En mayo se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura. Se realizaron cuatro análisis de crecimiento, uno para cada estación del año. Los tratamientos consistieron de cortes sucesivos a intervalos de siete días, durante un ciclo de crecimiento de ocho semanas, distribuidos en un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones; para ello, en cada estación se trazaron 24 parcelas de 3 x 3 m, donde se distribuyeron los tratamientos aleatoriamente. A mediados de cada estación, se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura con una podadora previamente calibrada: posteriormente se cortaron a ras de suelo tres muestras de 0.25 m², seleccionadas al azar para determinar el forraje residual. Después del corte de uniformización, cada siete días se cortaron, con tijeras, a ras de suelo tres parcelas diferentes. Para eliminar la contaminación con heces y suelo, el forraje cosechado se lavó y secó en una estufa con sistema de aire forzado a 55 °C, durante 48 h y se pesó. Con estos datos se determinaron los cambios semanales en la acumulación de materia seca por hectárea (kg MS⁻¹ ha⁻¹) en las diferentes edades de rebrote. Los incrementos estacionales en biomasa total se obtuvieron restando la correspondiente biomasa residual del corte de uniformización a la biomasa cosechada semanalmente. La tasa de crecimiento (TC) en kg MS ha d⁻¹ se calculó con los datos de materia seca total (hojas y tallos) en las diferentes edades de rebrote y se ajustaron con el método Quasi-Newton del programa estadística versión 6⁽¹⁵⁾. La TC en kg MS ha⁻¹ se determinó con la siguiente ecuación:

2002 using a Brillion seeder at a density of 20 kg ha⁻¹ orchard grass seed and 15 kg ha⁻¹ viable, pure, alfalfa seed. The sward was fertilized at planting with an 80-40-00 N, P, K fertilizer. During the establishment period (January – May) the sward was irrigated with sprayers every two weeks. In May, a uniformity cut at 5 cm height was carried out. Four growth analyses were carried out, one in each season. Treatments consisted of successive cuts at 7 d interval during an 8 wk growth period, distributed in a completely randomized design with eight treatments and three replicates. To achieve this, in each season of the year 24 3*3 m plots were laid out, and treatments were distributed at random. At the middle of each season, a uniformity cut at 5 cm height was carried out with a previously graded mower, immediately after; three 0.25 m² square were cut at ground level for determining residual herbage mass. At 7 d intervals following the leveling cut, three different plots were cut with a hedge shear at ground level. To eliminate pollution with soil and feces, samples were washed and later dried in a forced air stove at 55 °C for 48 h and then weighed. With these data dry matter accumulation weekly changes per hectare (DM kg ha⁻¹) were determined at different regrowth periods. Seasonal increments of total herbage mass were obtained by subtracting the corresponding residual herbage mass value obtained at the leveling cut from the weekly herbage mass harvest values. The growth rate (GR) in DM kg ha⁻¹ d⁻¹ was estimated with the total dry matter data (leaves and stems) at different regrowth ages and were adjusted through the Quasi – Newton method of the Statistic software v. 6⁽¹⁵⁾. GR (DM kg ha⁻¹) was estimated with the following equation:

$$GR = (PDM_{t_2} - PDM_{t_1}) / (T_2 - T_1)$$

Where PDM_{t₂} is equal to dry matter present in time 2; PDM_{t₁} is equal to dry matter present in time 1; T₂ – T₁ is equal to days between samplings.

A 250 g subsample was taken from herbage harvested, which in turn was separated into alfalfa, orchard grass, other grasses and weeds. Alfalfa and orchard grass were separated into its morphological components (leaf, stem, inflorescence and dead material); each component was dried in

$$TC = \frac{MSP_{t_2} - MSP_{t_1}}{T_2 - T_1}$$

Donde: MSP_{t_2} = Materia seca presente en el tiempo 2; MSP_{t_1} = Materia seca presente en el tiempo 1; $T_2 - T_1$ = número de días transcurridos entre las mediciones.

Del forraje cosechado se tomó una submuestra de aproximadamente 250 g, la cual se separó en alfalfa, pasto ovillo, otras gramíneas y maleza. La alfalfa y el pasto ovillo se separaron en los componentes morfológicos: hojas, tallos, espigas y material muerto; cada componente se secó en una estufa a 55 °C durante 48 h, posteriormente se pesó y determinó su contribución al rendimiento de la pradera. Con la información obtenida de la composición botánica y morfológica y con base al peso seco de los componentes, se determinó la relación hoja:tallo para alfalfa y pasto ovillo.

A cada muestra de hojas obtenidas en la composición morfológica se le determinó el área foliar con un integrador de área modelo CI-202 (LI-COR, Inc). Posteriormente, con los datos de área foliar y la superficie de muestreo se calculó el índice de área foliar, cuyos cambios semanales se ajustaron con el método de Quasi-Newton⁽¹⁵⁾.

Se registraron los datos de precipitación, temperatura promedio, mínima y máxima del aire, horas luz, radiación solar y días con heladas correspondientes al periodo de estudio, que se obtuvieron de la estación meteorológica “Almaraz” de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizada a 400 m del área experimental.

Los datos obtenidos del experimento se analizaron con los procedimientos Mixed y GLM del programa SAS para Windows, versión 8⁽¹⁶⁾, para un diseño completamente al azar con mediciones repetidas⁽¹⁷⁾, cuyos factores de clasificación fueron las estaciones del año y las semanas de muestreo, de acuerdo a las bases establecidas por Winer⁽¹⁸⁾ y mediante el análisis de crecimiento⁽¹⁹⁾.

Acumulación de materia seca

En la Figura 1 se presentan los cambios semanales en la acumulación estacional de forraje por especie

a stove at 55 °C for 48 h, later weighed and its contribution to herbage yield estimated. With data on botanical and morphological composition and based on dry weight of components, the leaf:stem ratios for alfalfa and orchard grass were estimated.

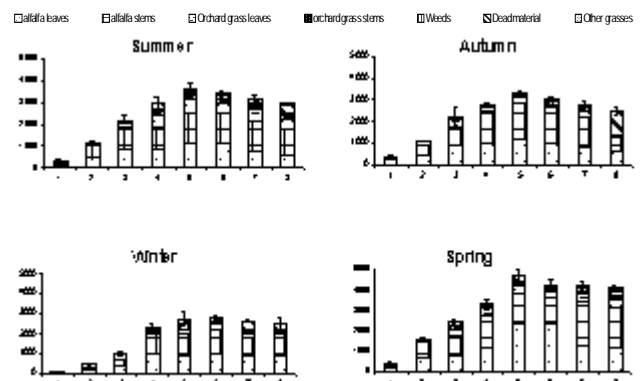
In each leaf sample, the leaf area was determined with the aid of an area integrator model CI-202 (LI-COR Inc.). Afterwards, with leaf area and sampling area data the leaf area index (LAI) was estimated, whose weekly changes were adjusted through the Quasi-Newton⁽¹⁵⁾ method.

Rainfall, low, high and average temperature, solar radiation, daylight hours and frosts data were obtained from the “Almaraz” meteorological station of the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán of the Universidad Autónoma de Mexico, located 400 m away from the experimental area.

Data obtained in the present study were analyzed through the Mixed and GLM proceedings of the SAS software for Windows v.8⁽¹⁶⁾ for a completely randomized design with three replicates⁽¹⁷⁾, whose classification factors were seasons and weeks of sampling, in accordance with bases set by Winer⁽¹⁸⁾ and through growth analysis⁽¹⁹⁾.

Figura 1. Cambios estacionales en la acumulación de materia seca, por especie y componente morfológico de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo en las diferentes estaciones del año. I= error estándar de la media

Figure 1. Seasonal changes in dry matter accumulation, by specie and morphological component of an orchard grass – alfalfa sward in different seasons. I= standard error of the mean



y componente morfológico. En todas las estaciones se presentó un incremento progresivo en la acumulación de forraje en las primeras semanas de rebrote hasta alcanzar el máximo rendimiento en la quinta semana en primavera, verano y otoño ($P < 0.05$), y en la sexta en invierno ($P < 0.05$), con 4,540, 3,350, 3,600 y 2,840 kg MS ha⁻¹, respectivamente. A excepción de invierno, a partir de la sexta semana se redujo la acumulación de forraje, y alcanzó el menor valor en la octava. Esta reducción fue acompañada de una disminución en el porcentaje de hoja en alfalfa y un aumento en el material muerto, el cual alcanzó su mayor valor en las últimas semanas. En general, la máxima acumulación de forraje en primavera fue superior en 65, 40 y 30 % a invierno, otoño y verano ($P < 0.05$). Verano y otoño fueron superiores a invierno.

La acumulación de forraje varió por efecto de las condiciones ambientales prevalecientes en las diferentes estaciones del año. Fue mayor en primavera, coincidiendo con las condiciones ambientales favorables, temperaturas elevadas, fotoperíodo largo, mayor radiación y condiciones adecuadas de humedad y menor en orden descendente en verano > otoño > invierno. En primavera se presentaron temperaturas promedio de 18 a 20 °C que favorecieron el crecimiento de la pradera como resultado del incremento del área foliar por planta y probablemente por el aumento de las tasas de aparición y elongación de hojas. Otros autores tuvieron resultados diferentes a los anteriores; Camacho⁽²⁰⁾ en una asociación alfalfa-gramínea obtuvo mayor producción en otoño e invierno y menor durante primavera y verano, mientras que en el estado de Oaxaca, registraron, en orden descendente una mayor acumulación de MS en primavera > invierno > verano > otoño⁽¹⁰⁾. Ellos lo asociaron a que durante el invierno no se registraron heladas, lo que favoreció la acumulación de forraje. Lo contrario a primavera ocurrió en invierno, cuando se registró la menor acumulación de materia seca debido a condiciones ambientales desfavorables como bajas temperaturas promedio de 11.5 a 12.8 °C que propiciaron menores TC e IAF, incidencia de heladas, menor radiación y fotoperíodo reducido (Cuadro 1).

Dry matter accumulation

In Figure 1 weekly changes in seasonal herbage accumulation for each specie and morphologic component are shown. In every season an increase in herbage accumulation is observed in the first regrowth weeks reaching its maximum yield in the fifth week in spring, summer and autumn ($P < 0.05$) and in the 6 wk in winter ($P < 0.05$), with 4,540, 3,350, 3,600 and 2,840 kg DM ha⁻¹, respectively. Except in winter, from the 6 wk onwards, dry matter accumulation decreased, reaching its lowest values in 8 wk. This decrease was accompanied by a reduction in leaf percentage of alfalfa and an increased in dead material, which reached its highest value in the last weeks. In general, the greatest herbage accumulation in spring was 65, 40 and 30 % higher than in winter, autumn and summer, respectively ($P < 0.05$). Summer and autumn showed higher values than winter.

Herbage accumulation changed with prevailing climate conditions in each season. It was highest in spring, in coincidence with more favorable climate conditions, high temperature, long photoperiod, more radiation and adequate moisture and lower in descending order in summer > autumn > winter. In spring temperatures averaged 18 to 20 °C which bolstered herbage growth as a result of increases in leaf area per plant and also most probably owing to increases in both leaf emergence and elongation rates. Other authors obtained results which differ from these, Camacho⁽²⁰⁾ in a grass – alfalfa association reports greater production in autumn and winter and lower in spring and summer, while in the state of Oaxaca, Villegas *et al.*⁽¹⁰⁾ recorded greater DM accumulation in descending order in spring, winter, summer and autumn. They associated this event to the fact that no frosts were recorded in winter, which fostered herbage accumulation. The opposite to spring happened in winter, when the lower DM accumulation was recorded due to unfavorable climate, such as 11.5 to 12.8 °C average temperature, frosts, lower radiation and reduced photoperiod, that propitiate lower GR and LAI (Table 1).

Herbage accumulated during the growth period was made up mainly by alfalfa, with greater stem

Cuadro 1. Datos de clima durante el periodo experimental, Estación Almaraz, FES-C UNAM, julio 2002 a junio 2003

Table 1. Climate data during the experimental period, Estación Almaraz, FES-C UNAM, July 2002 - June 2003

Month	Temperature, °C			Rainfall (mm)	Solar radiation (calories cm ⁻² d ⁻¹)	Daylight hours	Days with frost
	High	Low	Average				
July	24.6	9.1	18.0	123.7	484.4	6.8	0
August	24.5	6.9	17.2	78.8	540.6	9.1	0
September	22.6	9.2	17.0	190.3	455.7	6.6	0
October	23.7	7.8	16.2	38.3	448.6	7.9	0
November	21.0	-1.8	12.8	72.2	372.4	6.7	10
December	21.9	-1.8	12.4	0.5	393.2	8.5	5
January	19.9	0.3	11.5	0.5	364.4	6.8	2
February	25.2	-1.3	13.9	0.0	495.2	10.3	3
March	25.5	0.0	14.6	1.2	517.8	9.3	4
April	28.5	3.9	18.0	23.3	522.9	8.3	0
May	29.6	5.6	19.6	2.5	593.5	10.4	0
June	25.7	11.1	19.1	121.2	477.1	6.6	0

El forraje acumulado durante el periodo de crecimiento estuvo constituido principalmente por alfalfa, con mayor proporción de tallo que de hoja en todas las estaciones, con excepción de primavera, cuando se observó una mayor aportación de hoja en la cuarta y quinta semana ($P < 0.05$). A partir de la séptima y octava semana, la contribución de tallo de alfalfa se incrementó en todas las estaciones, con excepción de invierno, cuando fue menor debido a que se formaron tallos e internudos más cortos a consecuencia de la reducción del fotoperíodo⁽²¹⁾.

La aportación de ovillo fue mayor ($P < 0.05$) en verano y otoño (658 y 432 kg MS ha⁻¹) en la quinta y tercer semana con respecto a invierno y primavera (271 y 102 kg MS ha⁻¹), siendo más elevada la contribución de hoja que la de tallo.

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento (TC) de la pradera varió en las diferentes estaciones del año (Figura 2). En las dos primeras semanas de rebrote aumentó lentamente y alcanzó su valor máximo en la cuarta semana en primavera y verano, en la tercera en otoño y en la quinta en invierno (120, 104, 107 y 78 kg MS ha⁻¹ d⁻¹). Posteriormente, disminuyó de manera constante de la sexta a la octava semana, cuando registró los

proporción en all seasons, with the exception of spring, when a greater leaf proportion was observed in the fourth and fifth weeks ($P < 0.05$). From the seventh and the eighth week onwards, stem contribution increased in all seasons excepting winter, when it was lower due to shorter stems and internodes in answer to a reduced photoperiod⁽²¹⁾.

Orchard grass contribution was greater ($P < 0.05$) in summer and autumn (658 and 432 kg DM ha⁻¹, respectively) in the fifth and third week than in winter and spring (271 and 102 kg DM ha⁻¹, respectively), being leaf greater than stem contribution.

Growth rate

The growth rate (GR) of the sward changed with seasons (Figure 2). In the first two regrowth weeks, it increased slowly and reached its maximum value in the fourth week in spring and summer, in the third of autumn and in the fifth of winter (120, 104, 107 and 78 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, respectively). Afterwards it decreased constantly between weeks six and eight, when the lowest values were recorded, 53, 44, 46 and 74 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, respectively, for summer, autumn, winter and spring.

menores valores (53, 44, 46 y 74 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en verano, otoño, invierno y primavera).

La mayor TC promedio se registró en primavera (95 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) y fue 22 % superior ($P < 0.05$) a la observada en verano y otoño, y 83 % a invierno; esto se atribuye a que, en esta estación, se presentaron los valores mensuales promedio más altos de temperatura, radiación solar y horas luz (Cuadro 1) y coincidieron con la mayor acumulación de forraje. En invierno ocurrió lo contrario, la TC disminuyó marcadamente debido a las bajas temperaturas, menor radiación solar y alto número de días con heladas, ya que la alfalfa y el ovido requieren de temperaturas óptimas para su crecimiento de 15 a 25 °C⁽²²⁾. Se ha reportado⁽¹²⁾ que temperaturas bajas en invierno, pueden reducir sustancialmente el crecimiento de los pastos, incluso hasta tasas de acumulación cercanas a cero.

Investigadores⁽²³⁾ encontraron, en una asociación alfalfa-pasto ovido, que en invierno ocurrió lo contrario, la TC disminuyó con temperaturas inferiores a 10 °C, aunque todavía existió crecimiento a 5 °C. Salas⁽⁸⁾ reportó mayor TC en alfalfa CUF-101 y Valenciana en verano en la cuarta semana (140 y 138 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) y en otoño en la quinta (135 y 127 kg MS ha⁻¹ d⁻¹). Hernández-Garay *et al.*⁽²⁴⁾, obtuvieron la mayor TC cosechando alfalfa cada seis semanas, y la menor a las cuatro semanas.

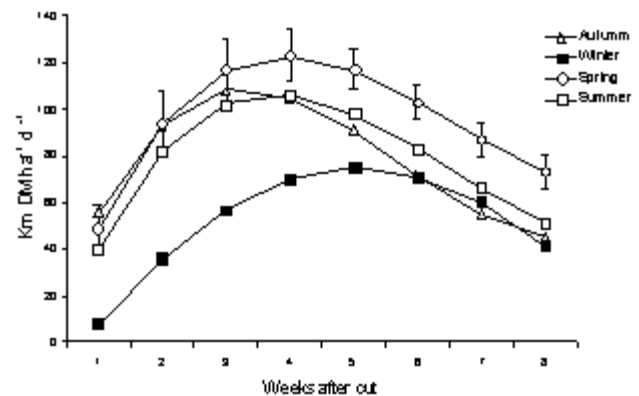
Relación hoja:tallo de alfalfa

Se observó una disminución progresiva en la relación hoja:tallo conforme aumentó la edad de rebrote de la alfalfa (Cuadro 2). Cuando se registró la mayor acumulación de forraje (quinta semana) en verano, otoño y primavera, la relación hoja:tallo fue de 0.8, 0.7 y 0.6 ($P < 0.05$); mientras que en invierno (sexta semana) fue 0.8. De la sexta a la octava semana de crecimiento se redujo la relación hoja:tallo en primavera, verano y otoño y de la séptima a la octava en invierno, esta disminución podría estar asociada con el incremento en la aportación del tallo al rendimiento (Figura 1) y a la caída de hojas en alfalfa, la cual se acentúa a partir de la sexta semana de rebrote⁽²⁴⁾.

La menor relación hoja:tallo en primavera se debió a que se presentaron mayores tasas de crecimiento,

Figura 2. Cambios semanales en la tasa de crecimiento de una pradera asociada alfalfa-pasto ovido en las diferentes estaciones del año. I= error estándar de la media

Figure 2. Weekly changes in the growth rate of an alfalfa – orchard grass sward at different seasons. I= standard error of the mean



Autumn: $Y = -11 + (84 X) + (-17.8 X^2) + (1 X^3)$ $r^2 = 0.78$; **Winter:** $Y = -29 + (40 X) + (-3.8 X^2) + (-0.02 X^3)$ $r^2 = 0.82$; **Spring:** $Y = -24 + (88 X) + (-16 X^2) + (0.8 X^3)$ $r^2 = 0.79$; **Summer:** $Y = -28 + (82 X) + (-15.4 X^2) + (-0.8 X^3)$ $r^2 = 0.86$.

The greatest average GR was recorded in spring (95 kg DM ha⁻¹ d⁻¹), 22 % higher than summer and autumn and 83 % more than in winter ($P < 0.05$). This can be attributed to the fact that in spring the higher average values for temperature, solar radiation and daylight hours were recorded (Table 1) which coincides with the greatest herbage accumulation. In winter, the opposite happened. GR decreased sharply due to low temperature, lower solar radiation and many days with frosts. Both alfalfa and orchard grass require temperature between 15 and 25 °C for growth⁽²⁵⁾. It has also been reported⁽¹²⁾ that low temperatures in winter can substantially reduce growth in grasses, even to GR near to zero.

Other authors⁽²³⁾ found in an alfalfa – orchard grass sward that in winter the opposite happened, GR decreased when temperature was lower than 10 °C, although some growth was recorded at 5 °C. Salas⁽⁸⁾ reports a greater GR in CUF-101 and Valenciana alfalfa in the fourth week of summer (140 and 138 kg DM ha⁻¹, respectively) and in

que provocaron un acelerado recambio de tejido y mayor contribución del tallo al rendimiento y a la caída de hojas^(25,26). Otros autores⁽²⁷⁾ señalan que las hojas son más abundantes en la fase vegetativa y disminuyen progresivamente conforme avanza la edad del rebrote, además, los tallos se alargan y las ramas laterales se desarrollan, por lo que la fracción de tallos supera a la de hoja en el total de la planta⁽²⁸⁾. Rivas⁽⁹⁾ también encontró mayor relación hoja:tallo en invierno y menor en primavera en alfalfa con 1.04 y 0.84, pero en otro trabajo⁽⁸⁾ se reportó mayor relación hoja:tallo en verano. En una pradera asociada alfalfa-pasto oville, encontró relaciones hoja:tallo de 0.8 en las variedades Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito⁽²⁰⁾.

Relación hoja:tallo de pasto oville

La relación hoja:tallo en pasto oville varió estacional y semanalmente (Cuadro 3); fue mayor ($P < 0.05$) en las primeras dos semanas de crecimiento en verano y otoño y en las tres primeras semanas en invierno y primavera. Posteriormente disminuyó de manera progresiva al aumentar la edad del pasto. La mayor relación hoja:tallo en invierno fue originada por el escaso desarrollo de los tallos, en las primeras cuatro semanas. A partir de la quinta semana se observó un descenso por efecto de las heladas y bajas temperaturas. Cuando se presentó el mayor rendimiento de forraje, la relación hoja:tallo fue 2.8, 3.2 y 4.1 en verano, otoño y primavera (quinta semana) y 5.1 en invierno (sexta

autumn in the fifth (135 and 127 kg DM ha⁻¹, respectively). Hernández – Garay *et al*⁽²⁴⁾ obtained the highest GR harvesting alfalfa every six weeks and the lowest at four weeks interval.

Alfalfa leaf:stem ratio

In alfalfa progressive decrease in leaf:stem ratio was observed as regrowth age increased (Table 2). When the greatest herbage accumulation was recorded (wk 5) in summer, autumn and spring, the leaf:stem ratio was 0.8, 0.7 and 0.6, respectively ($P < 0.05$); while in winter (wk 6) was 0.8. Between wk 6 and 8 the leaf:stem ratio decreased in spring, summer and autumn and between wk 7 and 8 also in winter. This decrease could be associated to an increase in stem contribution to herbage yield (Figure 1) and to fall of leaves in alfalfa, which increase from the sixth week of regrowth onwards⁽²⁴⁾.

The lower leaf:stem ratio in spring can be attributed to greater growth rates, which result in an accelerated tissue turnover and to a greater stem contribution to overall growth and to fall of leaves^(25,26). Other authors⁽²⁷⁾ point out that leaves are more plentiful in the vegetative phase and decrease progressively as regrowth age increases, besides, stems elongate and side branches develop so stem proportion becomes greater than that of leaves in the whole plant⁽²⁸⁾. Rivas⁽⁹⁾ found also a greater leaf:stem ratio in winter and smaller in

Cuadro 2. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de alfalfa en una pradera asociada alfalfa-pasto oville, en un periodo de rebrote de ocho semanas

Table 2. Seasonal changes in alfalfa leaf:stem ratio in an orchard grass – alfalfa sward for an eight weeks regrowth period

Season	Weeks								SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Summer 2002	1.1 ^a	1.0 ^{ab}	0.9 ^{abc}	0.8 ^{bcd}	0.8 ^{bcd}	0.8 ^{cde}	0.6 ^{de}	0.5 ^e	0.01
Autumn 2002	1.4 ^a	1.0 ^b	1.0 ^{ab}	0.7 ^{bc}	0.7 ^{bc}	0.6 ^{bc}	0.5 ^c	0.6 ^c	0.02
Winter 2003	1.8 ^a	1.4 ^b	1.2 ^{bc}	1.0 ^{bc}	0.9 ^c	0.8 ^c	0.8 ^c	0.8 ^c	0.02
Spring 2003	1.1 ^a	0.9 ^{ab}	0.8 ^{abc}	0.7 ^{bca}	0.6 ^{bc}	0.6 ^{bc}	0.6 ^{bc}	0.5 ^c	0.01

SE = Standard error of the mean.

abcde = Averages with different letters in the same row are different ($P < 0.05$).

semana) y varió en el siguiente orden descendente: invierno > primavera y otoño > verano ($P < 0.05$).

La menor relación hoja:tallo al final del periodo de crecimiento fue consecuencia del aumento de biomasa de los tallos y de material muerto. Al respecto, se ha señalado⁽²⁹⁾ que el crecimiento inicial de las gramíneas consiste básicamente de hojas, pero cuando maduran, los tallos constituyen mayor porcentaje del forraje presente.

Índice de área foliar en alfalfa

El índice de área foliar promedio se incrementó lentamente en las primeras dos semanas alcanzando su mayor valor a la quinta en primavera, verano y otoño (Figura 3 A), y en la sexta para invierno (3.5, 2.8, 2.0 y 1.9). El mayor índice de área foliar se presentó en primavera, cuando se registró el más alto rendimiento debido a condiciones ambientales favorables y, además, coincidió con la semana de mayor producción de forraje en las diferentes estaciones del año y mostró una tendencia a disminuir en semanas posteriores. Al respecto, diversos autores mencionan que la acumulación neta de forraje está en un punto máximo, cuando se alcanza el mayor IAF⁽¹¹⁾; el IAF de la pradera en este punto es definido como el IAF óptimo. En primavera, el máximo IAF fue superior con respecto al de otras estaciones y el de verano mayor al de otoño e invierno con valores de 3.5, 2.8, 2.0 y 1.9. En otoño e invierno la acumulación de hojas disminuyó debido a la reducción del crecimiento

spring in alfalfa, 1.04 and 0.84, respectively, but in another study⁽⁸⁾ a greater leaf:stem ratio was reported in summer. In an orchard grass – alfalfa pasture, a 0.8 leaf:stem ratio was found for CUF-101, Jupiter, Moapa and San Miguelito varieties⁽²⁰⁾.

Orchard grass leaf:stem ratio

The leaf:stem ratio in orchard grass changed with season and regrowth week (Table 3). It was greater in the first two weeks of growth in summer and autumn and in the first 3 wk in winter and spring. Afterwards it progressively declined as grass age increased. The greatest leaf:stem ratio in winter is due to stem low development in the first 4 wk. From the fifth week onwards a decrease was observed due to the combined effect of frost and low temperature. When herbage yield was greatest, leaf:stem ratio was 2.8, 3.2 and 4.1 in summer, autumn and spring (wk 5) and 5.1 in winter (wk 6) and decreased in accordance with the following pattern, winter > spring > autumn > summer ($P < 0.05$).

Alfalfa leaf area index

The average leaf area index (LAI) increased slowly during the first two weeks reaching its highest value in the fifth week of regrowth in spring, summer and autumn (Figure 3A) and in the sixth week in winter (3.5, 2.8, 2.0 and 1.9, respectively). The greatest LAI was observed in spring when the highest herbage yield was recorded due to favorable

Cuadro 3. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de ovido en una pradera asociada alfalfa-ovido, en un periodo de rebrote de ocho semanas

Table 3. Seasonal changes in orchard grass leaf:stem ratio in an orchard grass – alfalfa sward for an eight weeks regrowth period

Season	Weeks								SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Summer 2002	13.3 ^a	7.3 ^b	4.3 ^{bc}	3.2 ^c	2.8 ^c	2.9 ^c	3.1 ^c	2.9 ^c	1.7
Autumn 2002	15.0 ^a	14.2 ^a	5.3 ^b	3.9 ^b	3.2 ^b	2.6 ^b	2.6 ^b	3.0 ^b	1.3
Winter 2003	20.3 ^a	16.6 ^{ab}	15.1 ^{ab}	14.2 ^b	5.8 ^c	5.1 ^c	4.1 ^{bc}	3.6 ^c	3.7
Spring 2003	25.0 ^a	13.0 ^b	8.6 ^c	4.0 ^d	4.1 ^d	3.2 ^d	3.0 ^d	2.8 ^d	2.2

SE = Standard error of the mean.

abcde = Averages with different letters in the same row are different ($P < 0.05$).

de la planta causada por las bajas temperaturas y menor radiación solar (Cuadro 1).

El hecho de que la mayor producción de forraje coincida con la mayor área foliar para alfalfa es un indicador de la función predominante del área foliar de la planta, ya que representa la masa foliar que puede realizar fotosíntesis, lo cual se refleja en el rendimiento del forraje⁽³⁰⁾.

En alfalfa⁽⁸⁾, se ha obtenido la mayor área foliar por planta en verano en la cuarta semana (1,200 cm² AF m⁻²), y en otoño en la quinta (1,000 cm² AF m²). Hernández *et al*⁽²⁴⁾ obtuvo la menor área foliar con cortes cada cuatro semanas (741 cm² pl⁻¹) y la mayor cortando cada seis y ocho semanas (1,300 cm² pl⁻¹).

Índice de área foliar en pasto ovillo

En la Figura 3 B se observa que el índice de área foliar (IAF) para el pasto ovillo presentó comportamiento estacional, alcanzando mayores valores en primavera. En las primeras semanas el incremento fue lento; el mayor valor se presentó en la sexta semana en primavera, verano, otoño y en la séptima en invierno (2.3, 1.4, 1.1 y 1.0), y descendió gradualmente.

El máximo crecimiento del cultivo depende de la mayor área foliar para captar a su vez la mayor radiación y del tiempo de duración del fotoperíodo, que es decisivo en el desarrollo de las plantas y por consiguiente en el rendimiento que puedan tener⁽³¹⁾. En el presente estudio, el máximo IAF se presentó en primavera y coincidió con la mayor acumulación de materia seca. Al respecto, se ha indicado⁽³²⁾ que el IAF óptimo registró valores más altos en primavera y verano, cuando la intensidad de la luz es alta y la tasa de acumulación neta de biomasa es máxima.

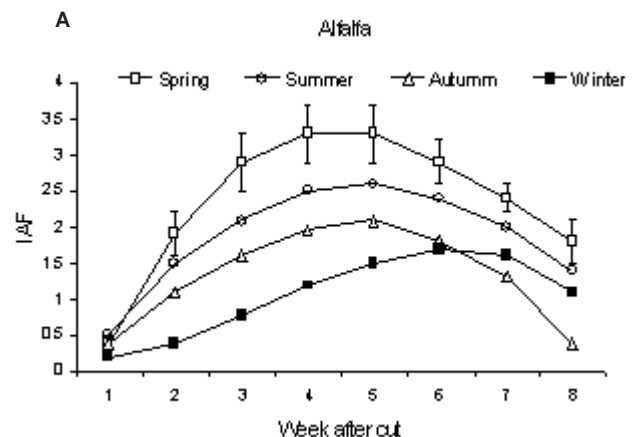
Composición botánica y morfológica

La variación en la composición botánica y morfológica de la pradera se observa en la Figura 4. El principal componente del forraje cosechado, durante el periodo de evaluación, fue la alfalfa, y su contribución varió (*P* < 0.05) de 90 a 64 %; cuando se registró el mayor rendimiento de forraje

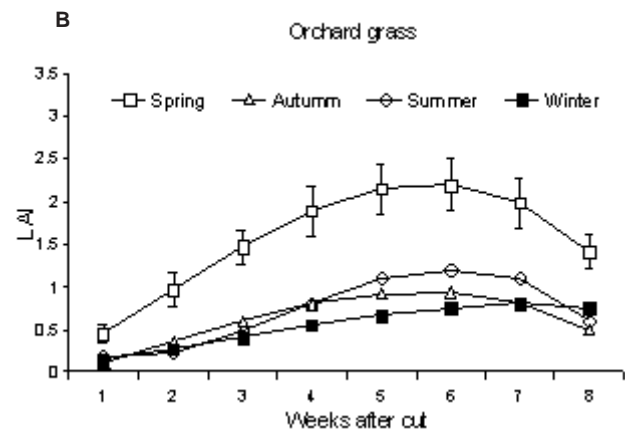
growing conditions and besides, it coincided with the week showing the greatest herbage yield of all seasons and showed a decreasing trend in following weeks. To this respect, several authors mention that net herbage accumulation is at its highest point

Figura 3. Cambios semanales en el índice de área foliar de una pradera asociada alfalfa (A)-pasto ovillo (B) en las diferentes estaciones del año. I= error estándar de la media

Figure 3. Weekly changes in the leaf area index of an orchard grass (B) – alfalfa (A) sward at different seasons. I= standard error of the mean



Autumn: $Y = -0.4 + (0.8 X) + (-0.03 X^2) + (-0.01 X^3)$ $r^2 = 0.91$; Winter: $Y = -0.22 + (-0.2 X) + (0.2 X^2) + (-0.02 X^3)$ $r^2 = 0.85$; Spring: $Y = -2 + (2.8 X) + (-0.4 X^2) + (0.02 X^3)$ $r^2 = 0.86$; Summer: $Y = -0.7 + (1.4 X) + (-0.2 X^2) + (-0.01 X^3)$ $r^2 = 0.78$.



Autumn: $Y = -0.12 + (0.21 X) + (-0.03 X^2) + (-0.01 X^3)$ $r^2 = 0.83$; Winter: $Y = -0.08 + (0.1 X) + (0.03 X^2) + (-0.03 X^3)$ $r^2 = 0.82$; Spring: $Y = -0.02 + (0.4 X) + (0.06 X^2) + (-0.1 X^3)$ $r^2 = 0.76$; Summer: $Y = 0.42 + (-0.4 X) + (-0.2 X^2) + (-0.2 X^3)$ $r^2 = 0.82$.

la alfalfa representó el 85 % en otoño y primavera (2848 y 3978 kg MS ha⁻¹), y 77 y 69 % en invierno y verano (2187 y 2484 kg MS ha⁻¹). El comportamiento anterior probablemente se debe a que fue el primer año productivo de la pradera, por lo cual se mantuvo un elevado porcentaje de las especies establecidas inicialmente. Los porcentajes anteriores fueron mayores a los reportados por Camacho⁽²⁰⁾, quien obtuvo un porcentaje de alfalfa de 69 en verano y 61 en otoño e invierno. Al respecto, Sollenberger⁽³³⁾ menciona que, la mayoría de los ecosistemas forrajeros son entes dinámicos con diferentes especies con más o menos importancia en diferentes tiempos. Pero Sánchez *et al.*⁽³⁴⁾ mencionan que en una pradera asociada alfalfa-pasto ovinillo, la producción a lo largo del año es sostenida principalmente por la alfalfa. Además, Hernández-Garay y Ramírez⁽³⁵⁾ obtuvieron resultados diferentes y observaron un dominio de la gramínea a finales del invierno y primavera, un equilibrio en verano y un dominio de la leguminosa en otoño.

Con excepción de invierno, donde la proporción de hoja de alfalfa fue mayor en las primeras tres semanas de rebrote, en las otras estaciones sólo en la primera semana fue más elevado. De la sexta a la octava semana se evidenció un descenso en el porcentaje de hoja en verano y primavera, en otoño de la quinta a la octava, y en primavera se mantuvo constante de la sexta a la octava. Cuando se alcanzó el mayor rendimiento de forraje, el contenido de hoja de alfalfa fue 30, 35, 31 y 34 % en verano, otoño, primavera e invierno. Existió mayor porcentaje de tallo que de hoja en todas las estaciones, con excepción de primavera cuando fue más alta la de hoja en la cuarta y quinta semana; a partir de la séptima y octava semana, la contribución de tallo de alfalfa se incrementó en todas las estaciones, con excepción de invierno. La aportación de tallo de alfalfa al rendimiento de la pradera fue 50, 54, 43 y 39 % en verano, otoño, primavera e invierno, respectivamente.

El contenido de ovinillo varió ($P < 0.05$) durante el periodo experimental, cuando se registró el mayor rendimiento; su contribución fue 25, 6, 9 y 11 % en verano, otoño, primavera e invierno y fue mayor

when the highest LAI is reached⁽¹¹⁾, being said that at this stage the LAI obtained is the optimal. In spring, the highest LAI was higher than in other seasons. The summer LAI was greater than that of autumn and winter, showing values of 3.5, 2.8, 2.0 and 1.9. in autumn and winter leaf accumulation decreased owing to a decrease in plant growth due to low temperature and smaller solar radiation (Table 1).

The fact that a greatest herbage production matches a greatest leaf area in alfalfa, is an indicator of the predominant function of plant leaf area, as it is a measure of leaf mass able to photosynthesize, which influences herbage yield⁽³⁰⁾.

In alfalfa, Salas⁽⁸⁾ recorded the greatest leaf area per plant in the fourth week during summer (1,200 cm² LA m⁻²) and in autumn in the fifth (1,000 cm² LA m⁻²). Hernández *et al.*⁽²⁴⁾ obtained the lower LA with cuts every four weeks (741 cm² LA pl⁻¹) and the greatest LA with cuts every six and eight weeks (1,300 cm² LA pl⁻¹).

Orchard grass leaf area index

In Figure 3B it can be observed that LAI for orchard grass follows a seasonal behavior pattern, reaching the highest values in spring. In the first weeks increases were slow and the highest value was recorded in the sixth week in spring, summer and autumn and in the seventh in winter (2.3, 1.4, 1.1 and 1.0, respectively) and then decreased gradually.

The maximal growth of a plant depends on its greatest leaf area which receives the highest solar radiation and of the length of the photoperiod. This is decisive for plant development and growth and therefore on yield⁽³¹⁾. In the present study, the greatest LAI was observed in spring and agrees with greater dry matter accumulation in that season. To this respect, it has been pointed out that the optimal LAI recorded higher values in spring and summer when light intensity is high and biomass accumulation rate is highest. Similar results were reported by Velasco *et al.*^(7,32) in perennial ryegrass and cocksfoot with highest LAI in spring and summer.

en verano y otoño (658 y 432 kg MS ha⁻¹) en la quinta y tercer semana con respecto a invierno y primavera (271 y 102 kg MS ha⁻¹). El porcentaje de hojas fue más alto en las primeras tres semanas de crecimiento en otoño e invierno (8-19 % y 30-24 %); en primavera y verano fue similar en todas las semanas (8 y 24 %).

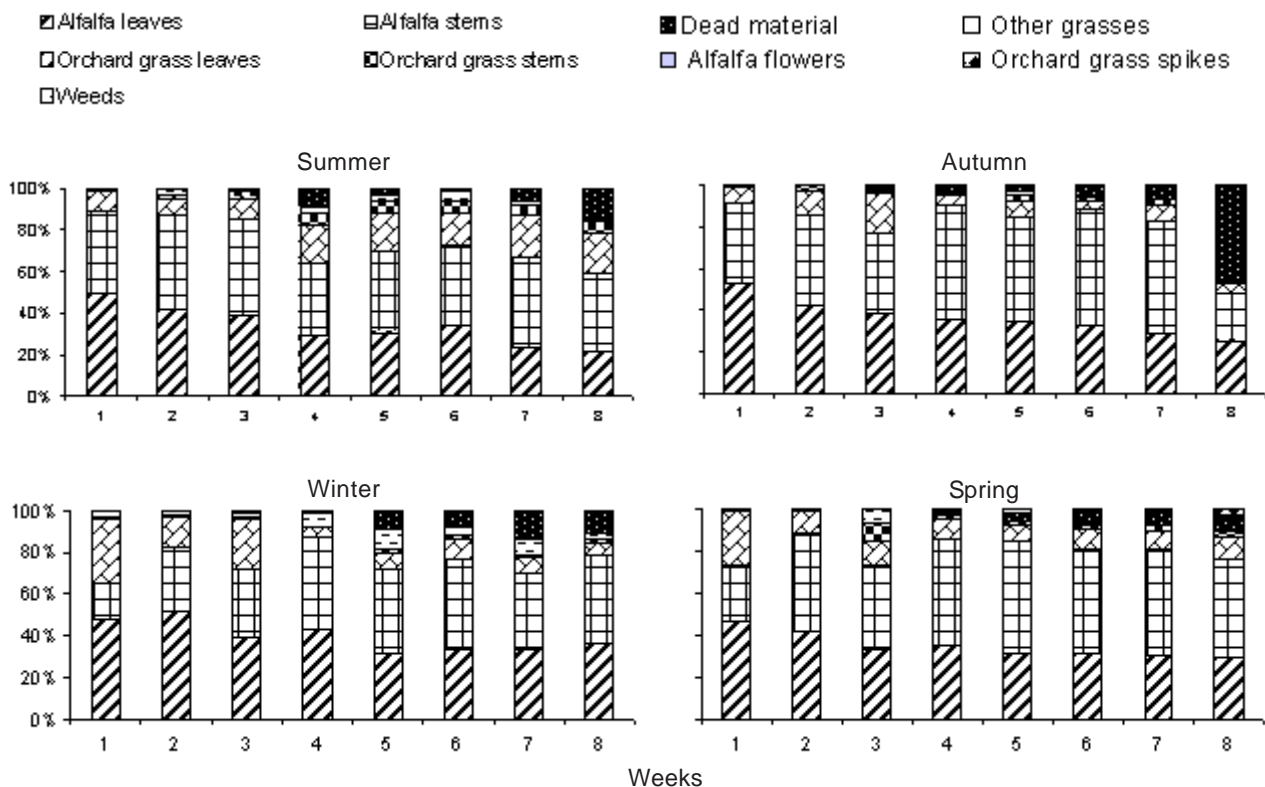
A partir de la cuarta semana en verano, invierno y primavera, y en la tercera en otoño, el material muerto contribuyó de 2 a 3 % al rendimiento de la pradera; en semanas posteriores aumentó progresivamente, alcanzando los registros más altos en la octava semana, con 14.7, 10.6, 5.3 y 45 % en verano, invierno, primavera y otoño. La gran cantidad de material muerto en la última semana de crecimiento en otoño, probablemente fue resultado de las bajas temperaturas y del elevado

Botanical and morphological composition

Variations in botanical and morphological composition of the sward can be seen in Figure 4. The main component of harvested forage during the evaluated period was alfalfa, and its contribution fluctuated between 90 and 64 % ($P < 0.05$). When the greatest herbage yield was recorded, alfalfa represented 85 % in autumn and spring (2,848 and 3,978 kg DM ha⁻¹, respectively) and 77 and 69 % in winter and summer (2,187 and 2,484 kg DM ha⁻¹, respectively). This behavior is probably due to being the first year of age of the sward, and therefore the percentage of the planted species remained high. These percentages are higher than those reported by Camacho⁽²⁰⁾, who observed 69 % alfalfa in summer and 61 % in autumn and winter. Sollengberg⁽³³⁾ mentions that most of the forge ecosystems are dynamic beings with different

Figura 4. Cambios semanales en la composición botánica y morfológica de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo en las diferentes estaciones del año

Figure 4. Weekly changes in botanical and morphological composition in an alfalfa – orchard grass sward at different seasons



número de heladas registradas (Cuadro 1), lo cual ocasionó la muerte de un gran número de plantas.

El porcentaje de malezas, en el forraje acumulado de la pradera, fue reducido, variando de 0.6 % en otoño y primavera a 3.6 y 9.4 % en verano e invierno; su mayor contribución fue en la sexta, quinta y tercer semana en verano, invierno y primavera, pero en otoño prácticamente no hubo malezas. La aportación de otros pastos durante todo el periodo de evaluación, fue inferior a 1; solamente en primavera se presentó una escasa aportación de flor de alfalfa y espiga de ovinillo, a causa de las condiciones ambientales favorables como elevadas temperaturas, humedad y alta radiación solar, además de ser la estación en la que inicia la etapa reproductiva de los pastos, y aumentan la aportación de tallos y material muerto.

En los resultados anteriores se observa que la proporción de cada componente varió en cada estación del año, por ello, es importante conocer su comportamiento y así determinar el momento óptimo de cosecha. En praderas mixtas de ballico perenne y trébol blanco, se observó⁽²⁶⁾ que la proporción de ambas especies y los componentes morfológicos variaron con la estación del año.

Se concluye que el tiempo óptimo de cosecha de la asociación alfalfa-pasto ovinillo varió con la estación del año y, para obtener la máxima producción de forraje, la cosecha debe efectuarse en la quinta semana en primavera, verano y otoño, y entre la quinta y sexta en invierno, cuando la biomasa de hojas verdes y el IAF son máximos y la tasa de senescencia y descomposición comienza a aumentar progresivamente. La alfalfa constituyó el principal componente de la asociación durante todo el periodo de estudio. Los resultados anteriores se obtuvieron de una pradera en su primer año productivo, por lo cual existió una buena composición botánica; es decir excelente población de alfalfa y ovinillo y mínima de otras especies.

LITERATURA CITADA

1. SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 2000. Boletín bimestral de leche. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). México, 2000.

species at different times. But other workers⁽³⁴⁾ report that in an alfalfa – orchard grass sward, production throughout the year is carried on mainly by alfalfa. In addition Hernández – Garay and Ramírez⁽³⁵⁾ obtained different results and observed a dominance of the grass at the end of winter and in spring, and a balance between grass and legume in summer and a dominance of the legume in the fall.

Except in winter, where the alfalfa leaf proportion was greater in the first three weeks of regrowth, in the other seasons this occurrence was seen only in the first week. From the sixth to the eighth weeks it was evident a marked decrease in leaf percentage in summer and spring, in autumn from the fifth to the eighth and in spring leaf percentage remained constant from the sixth to the eighth. When the greatest herbage yield was reached, alfalfa leaf content was 30, 35, 31 and 34 % in summer, autumn, spring and winter, respectively. A higher stem than leaf percentage was observed in all seasons, except in spring where leaf percentage was higher in the fourth and fifth weeks, the alfalfa stem contribution was higher in the seventh and eighth weeks, in all seasons, except in winter. Alfalfa stem contribution to herbage yield was 50, 54, 43 and 39 % in summer, autumn, spring and summer, respectively.

Orchard grass content fluctuated ($P < 0.05$) during the experimental period. When the highest yield was recorded, its contribution was 25, 6, 9 and 11 % in summer, autumn, spring and winter, respectively, and it was higher in summer and autumn (658 and 432 kg DM ha⁻¹, respectively) in the fifth and third weeks regarding winter and spring (271 and 102 kg DM ha⁻¹, respectively). Leaf percentage was higher in the first 3 wk of regrowth in autumn and winter (8 to 19 % and 30 to 24 %); in spring and summer leaf percentage was very similar during all weeks (8 and 24 %).

From the fourth week onwards in summer, winter and spring and in the third week in autumn, dead material contributed between 2 and 3 % of herbage yield, increasing in the following weeks and reaching the highest values in the eighth week,

2. Mc Graw LR, Nelson JC. Legumes for northern areas. In: Barnes FR, Nelson CJ, Coling M, Moore KJ editores. Forages: An Introduction to grassland agriculture. 6th ed. Iowa, USA: Iowa State Press; 2003:171-190.
3. Naptitupulu JA, Smith O. Changes in herbage chemical composition due to proportion of species in alfalfa-orchard grass mixtures. *Soil Sci Plant Anal* 1979;(10):565-577.
4. Spandl E, Hesterman OB. Forage quality and alfalfa characteristics in binary mixtures of alfalfa and brome grass or timothy. *Crop Sci* 1997;(37):1581-1585.
5. Hernández GA. La importancia del manejo del pastoreo en la producción de forraje y leche en clima templado de Nueva Zelanda. Segundo Reencuentro de Zootecnistas. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 1996:71-90.
6. Hyo WL, Mu HJ, Chang HK. Effects of temperature, nitrogen fertiliser and cutting height on regrowth and dry matter production of orchardgrass. *Proc XVII International grassland congress*. Palmerston North, New Zealand. 1993. 1:131-133.
7. Velasco ZME, Hernández Garay A, González HVA, Pérez PJ, Vaquera HH, Galvis SA. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Téc Pecu Méx* 2001;39:(1):1-14.
8. 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.
9. Rivas JMA, López CC, Hernández GA, Pérez PJ. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc Pecu Méx* 2005;(43):79-92.
10. Villegas AY, Hernández GA, Pérez PJ, López CC, Herrera HJ, Enríquez QJ, Gómez VA. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Tec Pecu Méx* 2004;42(2):145-158.
11. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: *Proceed XVII International grassland congress*. Palmerston North, New Zealand. 1993:1:95-104.
12. Hodgson J. *Grazing management science into practice*. 1st ed. Harlow, England: Longman Scientific Technical; 1990.
13. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^a ed. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 1987.
14. De la Teja AO. Estudio de las características edáficas de los suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 1^o ed. Cuautitlán, México: Departamento de Ciencias Agrícolas. F.E.S.-C. Universidad Nacional Autónoma de México. 1982.
15. *Statistica*. By Statsoft Inc. U.S. Versión 6; 2000.
16. SAS. *User's Guide. Statistics, Version 8*. Sixth edition. North Carolina, USA: SAS Inc, Cary, 1999.
17. Steel, RG, Torrie JH. *Biostatística: principios y procedimientos*. Martínez, BR. (Trad) 2^a ed. México, DF: Mc Graw-Hill/ Interamericana de México; 1988.
18. Winer BJ. *Statistical principles in experiment design*. 2nd ed. New York, USA: Mc Graw-Hill Book Co.; 1971.
19. Hunt R. *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. London, W1V 1FP, UK: Academic Division of Unwin Hyman Ltd.; 1990.
20. Camacho GJL. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y ovilla [tesis maestría]. Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo; 2001.

14.7, 10.6, 5.3 and 45 % in summer, winter, spring and autumn, respectively. The large amount of dead material in the last week of autumn most probably was due to low temperature and to the high number of frosts recorded in that period (Table 1), which resulted in death of a great number of plants.

Weed percentage in the herbage accumulated in the sward was small, between 0.6 % in autumn and spring and between 3.6 and 9.4 % in summer and winter. The higher weed contribution was observed in sixth, fifth and third weeks of summer, winter and spring. Weeds in autumn were practically nonexistent. Contribution of other grasses during the assessment period was less than 1 %. Only in spring a very small contribution of alfalfa flowers and orchard grass spikes was recorded, maybe due to favorable climate conditions (high temperature, solar radiation and moisture), besides being the season where the grass reproduction stage begins.

From the results previously shown it can be observed that the proportion of each component changes in each season throughout the year, therefore it is important both to know its behavior and to determine the best moment for harvest. In perennial rye grass – white clover pastures, it was observed⁽²⁶⁾ that the proportion of both species and of morphological components varied with each season.

It can be concluded that the most favorable moment for harvest of an alfalfa – orchard grass sward varied with the season, and in order to obtain the highest herbage yield, the harvest must be carried out in the fifth week of regrowth in spring, summer and autumn and between the fifth and sixth week in winter, when green leaf biomass and LAI are at their highest point and the senescence and decomposition rate begins to increase progressively. Alfalfa was the main component of the sward at all times in the present study. These results were in the first year of the sward, which showed a good botanical composition, that is to say, excellent alfalfa and orchard grass stands and minimal presence of other species.

End of english version

21. Sato K. Growth and development of lucerne plants in a controlled environment. *Proc Japanese Crop Sci Soc* 1974;(43):59-67.
22. Muslera PE, Ratera CG. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 1ª ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa; 1984.
23. Álvarez FG, López RO. Rendimiento agronómico, digestibilidad (*In vitro*) y contenido de proteína cruda de nueve variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Nazareno, Etna, Oaxaca [tesis licenciatura]. Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo. 1992.
24. Hernández GA. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia* 1992;(2):131-144.
25. Barnes KD, Sheaffer CC. Alfalfa. In: Barnes FR, Miller M, Nelson CJ editores. *Forages an introduction to grassland agriculture*. 2nd ed. Iowa, USA: Iowa State Press; 1995:205-216.
26. Hernández GA, Matthew C, Hodgson J. Effect of spring grazing management on perennial rye grass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *NZ J Agric Res* 1997;(40):37-50.
27. Sheaffer CC, Martin NP, Lamb JFS, Cuomo GR, Jewett JG, Quering SR. Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agron J* 2000;(92):733-739.
28. Jacobo TCG, Espinoza LF. Relación del clima con la producción pecuaria [tesis licenciatura]. Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma Chapingo; 2000.
29. Duthill J. Producción de forrajes. 1ª ed. Madrid, España: Mundiprensa; 1990.
30. Hernández GA, Matthew CC, Hodgson J. The influence of defoliation height on dry matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass Forage Sci* 2000;(55):1-5.
31. Russel JS, Webb HB. Climatic range of grasses and legumes used in pastures. Results of a Survey Conducted at the International Grassland Congress. *Australian J Institute of Agric Sci* 1976;(42):156-166.
32. Velasco ZME, Hernández GA, Pérez PJ, González HV, Vaquera HH. Curvas estacionales de crecimiento de ballico perenne. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 2002;25(1):97-106.
33. Sollenberger LE, Templeton C.W, Hill RR. Orchardgrass and perennial ryegrass with applied nitrogen in mixtures with legumes. I. Total dry matter and nitrogen yields. *Grass Forage Sci* 1984;(39):255-262.
34. Sánchez BR, Jiménez FM, Tenorio DG. Parametrización del sistema de producción de leche en pastoreo y su evaluación económica [tesis licenciatura]. Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo; 1996.
35. Hernández GA, Ramírez GA. Determinación de la calidad de la materia seca en 27 asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima templado en su primer año de cultivo [tesis licenciatura]. Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo; 1986.