

# Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo

## Leaf length growth and tiller population dynamics in five different grasses and legume associations under grazing conditions

Rigoberto Castro Rivera<sup>a</sup>, Alfonso Hernández Garay<sup>b</sup>, Omar Ramírez Reynoso<sup>c</sup>, Gisela Aguilar Benitez<sup>b</sup>, Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>d</sup>, Sergio Iban Mendoza Pedroza<sup>b</sup>

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la elongación, crecimiento, senescencia, peso y dinámica de tallos de cinco asociaciones conformadas por dos gramíneas y una leguminosa sembradas en diferentes proporciones. Se evaluaron cinco tratamientos: 4:3:3; 4:6:0; 4:0:6; 4:4:2 y 4:2:4 de trébol blanco-ovillo-ballico perenne, los cuales se distribuyeron en 20 unidades experimentales de 104 m<sup>2</sup>, en un diseño en bloques completos al azar. La mayor elongación y crecimiento neto de la hoja de las especies evaluadas fue en verano, con 7.1 y 6.53 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, para el pasto ovillo, y 7 y 6.7 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, para ballico perenne; en trébol blanco no existió diferencia en el recambio de tejido foliar y del peciolo en verano y primavera ( $P>0.05$ ). El mayor peso de tallos de ballico perenne y ovillo se registró en verano (0.38 g<sup>-1</sup> tallo<sup>-1</sup>) y las mayores densidades en la época de invierno (9,961 y 10,423 tallos m<sup>-2</sup>), respectivamente. El recambio de tejido de las especies evaluadas presentó marcada estacionalidad, siendo más dinámico en verano que en otoño. La asociación de tres especies permitió una mayor dinámica en comparación con la asociación de dos especies.

**PALABRAS CLAVE:** Elongación, Crecimiento neto, Dinámica de tallos, Praderas asociadas.

### ABSTRACT

The purpose of the present study was to determine leaf length, net growth, senescence, tiller weight and tiller dynamics of five associations between two grasses and a legume planted in different proportions. Five treatments were evaluated: 4:3:3; 4:6:0; 4:0:6; 4:4:2 and 4:2:4 of white clover, cocksfoot, and perennial ryegrass, respectively. These treatments were distributed in 20 paddocks, 104 m<sup>2</sup> each, in a randomized complete block design. The greatest increase in both leaf length and leaf net growth in the species tested was found in summer, with 7.1 and 6.53 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for cocksfoot and 7 and 6.7 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for perennial ryegrass; while in white clover no differences in leaf length and leaf net growth and petiole elongation in summer and spring ( $P>0.05$ ) were not found. The greatest tiller weight in perennial ryegrass and cocksfoot was recorded in summer (0.38 g<sup>-1</sup> stem<sup>-1</sup>) and highest tiller population density in the winter season (9,961 and 10,423 tiller m<sup>2</sup>), respectively. Tissue turnover in the assessed species showed a noticeable seasonality, being more dynamic in summer than in autumn. Associations of three species allowed for one major tiller population dynamics compared to those of two-associated species.

**KEY WORDS:** Elongation, Net growth rate, Tillers dynamics, Associated swards.

La asociación de dos o más especies de gramínea-leguminosa tiene como ventaja que

Associations of two or more grass-legume species have the advantage of being able to

Recibido el 7 de octubre de 2010. Aceptado el 3 de mayo de 2011.

<sup>a</sup> Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca. Hornos 1003, Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Tel. 01 951 51 706 10 Ext. 82754. rcastror@ipn.mx, rigocastro4@hotmail.com. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas-Campus Montecillo. Texcoco, México.

<sup>c</sup> Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa Guerrero. México.

<sup>d</sup> Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Paso del Toro Veracruz. México.

la producción de forraje se mantiene constante durante el año. Algunos autores<sup>(1)</sup> mencionan que las praderas asociadas mejoran la calidad nutricional, la productividad de los animales en pastoreo y la fertilidad del suelo por la fijación de nitrógeno<sup>(2,3)</sup>.

En una pradera asociada las unidades de crecimiento son los tallos (gramínea) y estolones (trébol blanco), de modo que el aumento en la producción de forraje se atribuye a incrementos en la densidad y peso individual de estas unidades o a una combinación de ambos<sup>(4)</sup>. El rendimiento está integrado por la tasa de crecimiento individual y por la tasa de aparición de nuevos tallos y estolones<sup>(5)</sup>; por ello es importante conocer la dinámica de población de tallos y estolones en praderas bajo condiciones de pastoreo.

En praderas asociadas, los tallos y estolones están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo, a tasas que varían en función de las condiciones ambientales y de manejo<sup>(4,6)</sup>. En gramíneas, la formación de tallos está relacionada con la tasa de aparición de hojas, y el número de hojas determina el potencial de aparición de tallos<sup>(7)</sup>. En ballico perenne, la persistencia y el rendimiento dependen del balance entre las tasas de aparición y muerte de tallos, el cual es afectado por la frecuencia e intensidad de defoliación<sup>(8)</sup>. Con cortes frecuentes se reduce la competencia por luz, de modo que la respuesta del pasto es la formación de hojas cortas y alta densidad de tallos. Por el contrario, con defoliaciones poco frecuentes se desarrollan hojas largas y se reduce la tasa de aparición de tallos<sup>(9,10)</sup>.

Algunos estudios<sup>(11,12)</sup>, han demostrado que el rendimiento incrementa al aumentar el número y el crecimiento individual de cada tallo. Otros estudios han informado<sup>(13,14)</sup> que en praderas asociadas, los componentes que contribuyeron al rendimiento variaron durante un periodo de estudio de dos años, en el primer año el ballico perenne tuvo mayor crecimiento,

produce forage all year long. Some authors<sup>(1)</sup> mention that associated swards improve the individual nutritive quality of each component, soil fertility through symbiotic nitrogen fixation and grazing animals productivity<sup>(2,3)</sup>.

In associated swards, tillers (grasses) and stolons (white clover) are the growth units, so increases in herbage yield can be attributed to increases in both density and weight of these units or to a combination of both<sup>(4)</sup>. Forage yield is made up by the growth rate of each species and the emergence rate of new shoots and stolons<sup>(5)</sup> in swards under grazing conditions.

In associated swards, tillers and stolons are continuously emerging, growing and dying, at rates that change with management and environmental conditions<sup>(4,6)</sup>. In grasses, tiller formation is related to leaf emergence, and therefore leaf number determines tiller emergence potential<sup>(7)</sup>. In perennial ryegrass, persistence and yield are dependent on a correlation between tiller emergence and death rates, which are affected by both defoliation intensity and frequency<sup>(8)</sup>. Frequent cuts reduce competition for light, so that the usual response in grasses is formation of short leaves and tillers in high density. On the other hand, less frequent defoliations produce long leaves and less tillers<sup>(9,10)</sup>.

Some authors<sup>(11,12)</sup> mention that yield increases with increases in tiller number and individual growth. Other authors<sup>(13,14)</sup> comment that in associated swards, components that contribute to yield changed across the two years study period, being in the first year, perennial ryegrass the main yield component and white clover in the second.

Few studies are available in México on tiller dynamics and on tissue turnover rate (leaf net growth, elongation and senescence) as yield components<sup>(15)</sup>. However, quantifying those variables and how they change throughout the year, generates important data for designing a

mientras que en el segundo el rendimiento dependió del trébol blanco.

En México existen pocos estudios sobre dinámica de tallos y de la tasa de recambio de tejido (crecimiento neto, elongación y senescencia de las hojas) como componentes del rendimiento<sup>(15)</sup>. Sin embargo, cuantificar dichas variables y su variación durante el año, genera información importante para diseñar un manejo de praderas que favorezca simultáneamente una alta utilización y persistencia de las especies forrajeras, evitando su deterioro por una excesiva acumulación de tallos y material senescente<sup>(16)</sup>.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la densidad, peso, tasa de aparición y muerte de tallos, además el recambio de tejido de ballico perenne, pasto ovilla y trébol blanco asociados en diferentes proporciones.

El estudio se realizó en una pradera asociada de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.), establecida en marzo del 2006, en el campo experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. El suelo es de textura franco arenosa, pH 7.8, 2.4 % de materia orgánica, y se clasificó como un Typic ustipsamments<sup>(17)</sup>. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 645 mm y 15 °C, respectivamente<sup>(18)</sup>.

Las gramíneas se sembraron en hileras con separación de 30 cm, la leguminosa se sembró perpendicular a las gramíneas, a una distancia entre hileras de 40 cm. La relación de siembra fue 4:6 con base en la densidad de siembra recomendada para asociaciones de trébol blanco y gramíneas<sup>(19)</sup>. Los tratamientos consistieron en cinco proporciones de trébol blanco, ovilla y ballico perenne: 4:3:3, 4:6:0; 4:0:6; 4:2:4 y 4:4:2, las cuales se distribuyeron aleatoriamente en 20 parcelas experimentales de 104 m<sup>2</sup>, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales no

pasture management scheme which favors at the same time both high utilization and persistence of forage species, avoiding spoilage due to excessive accumulation of tillers and senescent material<sup>(16)</sup>.

Because of the above, the purpose of the present study was assessing tiller and stolon weight, emergence rate, death and tissue turnover in perennial ryegrass, cocksfoot and white clover associations at different rates.

The study was carried out in a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) associated sward established in March 2006 in the experiment station of the Colegio de Postgraduados in Montecillo, Texcoco, Edomex, México, in a sandy loam soil, pH 7.8, 2.4 % organic matter content, classified as a typic ustipsamments<sup>(17)</sup>. Climate in the experimental site is sub-humid temperate with summer rainfall, 645 mm annual average rainfall and 15 °C annual average temperature<sup>(18)</sup>.

The experiment was established in 20 plots of 104 m<sup>2</sup> each, grasses being planted in furrows spaced at 30 cm and white clover at 40 cm set apart furrows perpendicular to grasses. Planting ratio was 4:6 based on density recommended for white clover-grasses associations<sup>(19)</sup>. Treatments consisted of five different combinations of white clover, cocksfoot and perennial ryegrass, 4:3:3, 4:6:0, 4:0:6, 4:2:4 and 4:4:2, which were distributed in a randomized complete block design (RCBD) with four replications. Experimental units were watered to field capacity in the dry season every two weeks, and not fertilized. Plots were enclosed with electric fences and grazed with 12 sheep to a uniform 5 cm height. Forage height at beginning of grazing was on average 11 cm in fall and winter and 22 and 26 cm in spring and summer, respectively.

Grazing frequency was 4 wk in spring and summer (March-September 2007) and 6 wk in fall and winter (September 2007-March 2008),

se fertilizaron y en la época seca se aplicaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas. Las parcelas se delimitaron con cerco eléctrico y fueron pastoreadas por 12 ovinos adultos, hasta uniformizarlas a una altura aproximada de 5 cm de forraje residual.

La frecuencia de pastoreo fue cada cuatro semanas en primavera y verano (marzo-septiembre 2007) y seis semanas durante otoño e invierno (septiembre 2007-marzo 2008), de acuerdo con las recomendaciones para pasto ovillo y ballico perenne en monocultivo<sup>(20,21)</sup>. Las alturas promedio del forraje al inicio del pastoreo fueron de 22 y 26 cm en primavera y verano, respectivamente, mientras que en otoño e invierno fueron de 11 cm, y la altura de forraje residual fue de 5 cm durante todo el experimento.

El crecimiento neto, elongación y senescencia foliar se evaluaron a mediados de cada estación del año (abril, julio y octubre de 2007 y enero del 2008). En un transepto de 2 m de largo se seleccionaron al azar cinco tallos de cada gramínea y cinco estolones de trébol blanco, los cuales se identificaron con anillos de alambre de diferente color. En los tallos se midió: la longitud de lámina foliar, desde la base de la ligula hasta el ápice en hojas verdes o hasta la base del tejido clorótico en hojas senescentes; mientras que, en los estolones se registró la distancia desde la base del raquis primario hasta el ápice de la nervadura media del foliolo central y se determinó el área foliar con un integrador foliar (LI-COR, LI-3100C USA). Se obtuvo una ecuación de regresión lineal considerando como la variable dependiente el área foliar y la variable independiente la longitud de la nervadura (modificación de la metodología de Williams *et al.*<sup>(22)</sup>).

La tasa de elongación foliar por tallo (TEF; mm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), se calculó para hojas en crecimiento, como la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares final (LF<sub>f</sub>) e inicial (LF<sub>i</sub>), dividida entre el número de días (ND), entre mediciones sucesivas<sup>(4)</sup>.

in accordance with recommendations for pure swards of perennial ryegrass and cocksfoot<sup>(20,21)</sup>.

Leaf net growth, elongation and senescence were evaluated in the middle of each season (April, July, October 2007 and January 2008). In a 2 m long transept five tillers of each grass and five white clover stolons were chosen at random, which were identified with wire rings of different colors. Leaf length, from ligula to apex in green leaves and from ligula to the base of chlorotic tissue in senescent leaves, was measured in tillers while in white clover the distance between the base of the primary rachis to the apex of the midrib of the middle leaflet was measured. Leaf area was determined with the aid of a portable leaf area meter (LI-COR, LI-3100C, USA). A linear regression equation was obtained, taking leaf area as the dependent variable and midrib length as the independent (modified Williams *et al.* method)<sup>(22)</sup>.

Leaf elongation per tiller (LER; mm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) was estimated for growing leaves, as the difference between the sum of initial (LL<sub>i</sub>) and final (LL<sub>f</sub>) leaf lengths, divided by the number of days elapsed (ND), in successive measurements<sup>(4)</sup>

$$LER = \frac{(LL_f - LL_i)}{ND}$$

Leaf senescence rate per tiller (LSR; mm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) was estimated as the decrease in leaf length between intervals of successive measurements, divided by the number of days in each interval<sup>(4)</sup>.

$$LSR = \frac{LS_{t2} - LS_{t1}}{T_2 - T_1}$$

Leaf net growth rate per tiller (LNG; mm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) was estimated as the difference between leaf elongation rate (LER) and leaf senescence rate (LSR)<sup>(4)</sup>.

$$LNG = LER - LSR$$

$$TEF = \frac{(LF_f - LF_i)}{ND}$$

La tasa de senescencia foliar por tallo (TSF; mm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) se calculó como la disminución en longitud de la hoja entre intervalos de mediciones sucesivas, dividido entre el número de días en el intervalo<sup>(4)</sup>.

$$TSF = \frac{LH_{t_2} - LH_{t_1}}{T_2 - T_1}$$

La tasa de crecimiento neto foliar por tallo (CNF; mm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), se calculó como la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) y la tasa de senescencia foliar (TSF)<sup>(4)</sup>.

$$CNF = TEF - TSF$$

La densidad de tallos se midió inmediatamente después del pastoreo de uniformización, se colocaron dos aros de pvc de 10.4 cm de diámetro en cada unidad experimental; cada aro tenía dentro un macollo y cuando se tenían las tres especies asociadas, cada aro contuvo una especie de gramínea. Los tallos presentes dentro del aro se consideraron como población inicial. Posteriormente, cada mes, durante un año, los tallos emergidos se marcaron con anillos de diferente color y se registraron, y los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo.

Los valores de densidad, aparición y muerte de tallos se expresaron con base en un m<sup>2</sup>, y con esa información se estimó: la densidad de tallos (DT; tallos vivos m<sup>2</sup> en cada muestreo) y sus respectivas tasas mensuales de aparición (TAT) y muerte (TMT) (%), mediante las siguientes ecuaciones:<sup>(4)</sup>.

$$TAT = \frac{N^\circ \text{ de tallos nuevos}}{DT \text{ del muestreo anterior}} (100)$$

$$TMT = \frac{N^\circ \text{ de tallos muertos}}{DT \text{ del muestreo anterior}} (100)$$

El peso por tallo se registró un día antes del pastoreo y a mitad de cada estación, se cortaron

Tiller density was measured immediately after grazing conclusion at a uniform average 5 cm height. To this end, two PVC circles, 10.4 cm in diameter were placed in each experimental unit. Each circle had one grass plant inside and when the three associated species were present, each circle held one grass specie. Tillers present in each circle were considered as the initial population. Later, every month for the whole year the experiment lasted, tillers that emerged were identified with different colored rings and recorded. Dead tillers were counted and their ring was removed.

Tiller emergence and death values are expressed relative to m<sup>2</sup> and from those data, tiller density (TD; live tillers m<sup>-1</sup> in each sampling), and their respective monthly emergence (TAR) and death rates (TMR) as percentages were estimated through the following equations:

$$TAR = \frac{\text{Number of new tillers}}{TD \text{ of the previous sampling}} (100)$$

$$TMR = \frac{\text{Number of dead tillers}}{DT \text{ of the previous sampling}} (100)$$

Weight per tiller was recorded on the day before grazing and at midseason. To this end, 10 tillers per specie were cut at ground level, then dried in a forced air stove for 48 h at 55 °C and their weight was recorded. Average weight per tiller was obtained by dividing total weight by harvested tiller number.

Outdoor temperature records (high, average and low) and monthly rainfall data were provided by the weather station of the Colegio de Postgraduados, 400 m away from the experimental site (Figure 1).

Data were analyzed by means of the SAS PROC MIXED statistical procedure<sup>(23)</sup>, treatment averages were estimated through LSMEANS and compared through Student's "t" test at P<0.05 significance, generated through the PDIFF option. When the normality supposition was not met, variables were transformed. Figures

a ras de suelo 10 tallos de cada especie, se secaron en una estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C y se registró su peso. El peso promedio por tallo se obtuvo dividiendo, el peso total entre el número de tallos cosechados.

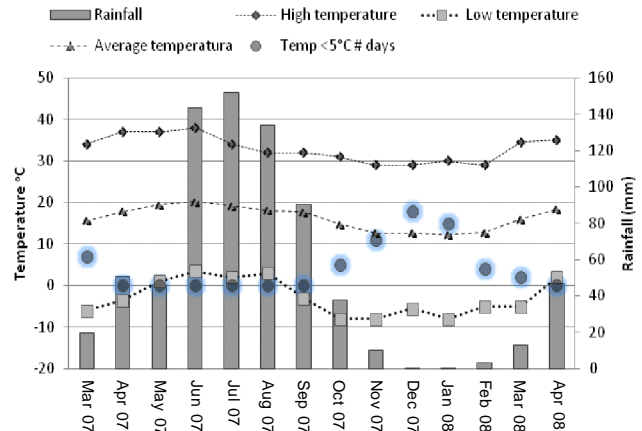
Los registros de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima), y precipitación mensual, se obtuvieron de la estación climatológica del Colegio de Postgraduados, situada a 400 m del sitio experimental (Figura 1).

Los datos obtenidos se analizaron con el procedimiento estadístico PROC MIXED del software SAS<sup>(23)</sup>, las medias de tratamientos fueron estimadas por LSMEANS y se compararon mediante la prueba de "t" de "Student" a una significancia ( $P < 0.05$ ), que se generó con la opción PDIFF. Cuando no se cumplió el supuesto de normalidad las variables fueron transformadas. Las figuras se procesaron con el software SigmaPlot de Jandel Scientific (Versión 10).

En primavera, la asociación 4:2:4 presentó la mayor elongación y senescencia foliar con 2.39 y 0.79 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> que superó significativamente ( $P < 0.05$ ), a las otras asociaciones, entre las cuales no hubo diferencias (Cuadro 1). El CNF fue similar entre asociaciones ( $P > 0.05$ ), aunque la combinación 4:2:4 superó en 32, 23 y 12 % a las asociaciones 4:4:2, 4:6:0 y 4:3:3, respectivamente. En verano, todas las asociaciones registraron el mayor dinamismo de recambio de tejido. La elongación y crecimiento neto foliar fueron en promedio de 6.6 y 5.9 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, no existiendo diferencias entre asociaciones. Sin embargo, la asociación 4:3:3 presentó la mayor S con 1.1 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ). En otoño no se registraron diferencias entre las asociaciones. En invierno, las asociaciones 4:3:3 y 4:2:4 registraron la mayor E superando en 47 % a la asociación 4:4:2. No se detectaron diferencias ( $P > 0.05$ ) con respecto a S y CNF. Estos resultados son similares a los obtenidos en pasto ovillo, en donde se observó el mayor índice de área foliar, crecimiento neto y rendimiento en la época de

Figura 1. Precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el período experimental

Figure 1. Rainfall and high, low and average temperature throughout the study period



were processed with the SigmaPot v 10 software (Jandel Scientific).

The 4:2:4 association showed the greatest leaf elongation and senescence in spring (2.39 and 0.79 tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively), significantly ( $P < 0.05$ ) above the other associations, which did not show significant differences among them (Table 1). LNG was similar among associations ( $P > 0.05$ ), although the 4:2:4 association was 32, 23 and 12 %, respectively, greater than associations 4:4:2, 4:6:0 and 4:3:3. In summer, all associations showed the greater dynamism in tissue turnover. Leaf elongation and net growth were on average 6.6 and 5.9 cm stem<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively, showing no differences among associations. However, the 4:3:3 association showed the greater S (1.1 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively), ( $P < 0.05$ ). In the fall no differences between associations were recorded. In winter, associations 4:3:3 and 4:2:4 showed the higher E, 47 % greater than association 4:2:2. No significant differences ( $P > 0.05$ ) were found in both S and LNG. These results are similar to those obtained in cocksfoot, which showed the greater leaf area index, net growth and yield in summer, when compared to fall, winter and spring ( $P < 0.05$ )<sup>(20)</sup>. In another study<sup>(1)</sup>, a

Cuadro 1. Elongación, senescencia y crecimiento neto de pasto ovillo y ballico perenne en las diferentes estaciones del año, en cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas (cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

Table 1. Seasonal elongation, senescence and net growth in cocksfoot and perennial ryegrass in four legume-grass associations (cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

Season	Associations					SEM	Sig.	
	4:3:3 TB-O-BP	4:0:6 TB-BP	4:6:0 TB-O	4:2:4 TB-O-BP	4:4:2 TB-O-BP			
Cocksfoot								
Spring	E	1.73 B	-	1.68 B	2.39 A	1.67 B	0.17	**
	S	0.43 B	-	0.26 B	0.79 A	0.46 B	0.11	**
	NG	1.29	-	1.42	1.59	1.20	0.19	NS
Summer	E	6.43	-	6.19	7.13	6.64	0.64	NS
	S	1.10 A	-	0.42 B	0.60 B	0.78 AB	0.17	**
	NG	5.33	-	5.76	6.53	5.86	0.58	NS
Fall	E	0.74	-	0.67	0.77	0.63	0.06	NS
	S	0.17	-	0.13	0.11	0.10	0.04	NS
	NG	0.57	-	0.54	0.65	0.53	0.08	NS
Winter	E	0.99 A	-	0.87 AB	0.96 A	0.67 B	0.09	**
	S	0.14	-	0.10	0.10	0.05	0.05	NS
	NG	0.85	-	0.77	0.86	0.62	0.07	NS
Perennial ryegrass								
Spring	E	2.31 A	2.31 A	-	2.33 A	1.71 B	0.19	**
	S	0.36	0.28	-	0.30	0.32	0.08	NS
	NG	1.95 AB	2.03 A	-	2.03 A	1.39 B	0.22	*
Summer	E	7.59	7.44	-	7.04	6.74	0.67	NS
	S	0.57 AB	0.31 B	-	0.32 B	0.72 A	0.14	*
	NG	7.02	7.13	-	6.72	6.02	0.62	NS
Fall	E	1.03	0.93	-	1.04	1.12	0.10	NS
	S	0.33	0.19	-	0.28	0.34	0.12	NS
	NG	0.70	0.74	-	0.76	0.78	0.06	NS
Winter	E	1.09 AB	1.40 A	-	1.22 AB	0.96 B	0.13	**
	S	0.34	0.31	-	0.40	0.35	0.09	NS
	NG	0.75 AB	1.09 A	-	0.82 AB	0.61 B	0.17	*

AB= Different uppercase letters in rows indicate significant differences ( $P<0.05$ ); E= Elongation, NG= Net Growth, S= Senescence, WC= White clover, C= Cocksfoot, PR= Perennial regrass, SEM= Standard error of the mean, Sig.= significance.

verano, en comparación con otoño, invierno y primavera ( $P<0.05$ )<sup>(20)</sup>. Se informó de un comportamiento similar de pasto ovillo al evaluar su curva de crecimiento en asociación con alfalfa<sup>(1)</sup>. Sin embargo, en un estudio de invernadero, el pasto ovillo presentó tasas de elongación y crecimiento neto foliar similares ( $P>0.05$ ) en verano y otoño<sup>(24)</sup>.

Para ballico perenne en primavera, se registraron diferencias entre asociaciones ( $P<0.05$ , Cuadro 1); la asociación 4:4:2 presentó la menor E Y CNF con 1.7 y 1.4 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

similar cocksfoot performance was reported when its growth curve in association with alfalfa was evaluated. However, in a study carried out in a greenhouse, cocksfoot showed similar leaf net growth and elongation rates in both summer and fall ( $P>0.05$ )<sup>(24)</sup>.

In perennial ryegrass, in spring differences ( $P<0.05$ , Table 1) between associations were found. Association 4:4:2 showed the lower E and LNG, 1.7 and 1.4 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively. Leaf senescence was on average 0.3 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ( $P>0.05$ ). The greater E and LNG rates

La senescencia foliar fue en promedio de 0.3 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ( $P>0.05$ ). La mayor tasa en E y CNF se registró en verano con promedios de 7.2 y 6.7 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ( $P>0.05$ ), respectivamente, siendo, la asociación 4:4:2 la que presentó mayor S con 0.7 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, superando a la combinación 4:0:6 que tuvo el menor valor ( $P<0.05$ ). En otoño no se observaron diferencias significativas en las variables E, CNF y S. Durante el invierno, la asociación 4:0:6 presentó la mayor E y CNF con 1.4 y 1.1 cm tallo<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente, superando en 45 y 78 % a la asociación 4:4:2 ( $P<0.05$ ). Se ha mencionado<sup>(25,26)</sup> que E y S en ballico perenne están correlacionadas con la temperatura ambiental y que la producción neta de forraje es negativa a bajas temperaturas, pues valores  $\leq 6$  °C afectan negativamente la E y CNF. Asimismo, se ha informado<sup>(27)</sup> que la elongación es mayor en verano porque esta época presenta las temperaturas óptimas de crecimiento (18 a 25 °C), por lo mismo, en verano se obtuvieron los mayores rendimientos de forraje.

El trébol blanco presentó las mayores E y CNF, durante primavera y verano (Cuadro 2). En primavera, no se observaron diferencias entre asociaciones en E y CNF, registrándose sólo diferencias ( $P<0.05$ ) en la senescencia foliar; la asociación con 4:6:0 presentó el mayor valor con 0.05 cm<sup>2</sup> hoja<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. En verano se registraron diferencias en E y CNF, y sólo la asociación 4:6:0 fue ( $P<0.05$ ) diferente, sin que se registrasen diferencias en senescencia de hojas. En otoño, a excepción de la senescencia foliar no se observaron diferencias entre tratamientos; mientras que en invierno, la asociación 4:0:6 (0.3 cm<sup>2</sup> hoja<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) fue inferior y diferente al resto de los tratamientos ( $P<0.05$ ).

La mayor elongación y crecimiento neto del peciolo de trébol blanco se observó en primavera y verano (Cuadro 2); en invierno no se registraron diferencias. La senescencia no registró diferencias entre asociaciones en todas las estaciones del año. En primavera la

were recorded in summer, averaging 7.2 and 6.7 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively ( $P>0.05$ ), being association 4:4:2 the one that showed the higher S, 0.7 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, significantly surpassing association 4:6:0, which showed the lowest ( $P<0.05$ ). In the fall, no significant differences in either E, or LNG or S were found. In winter, association 4:6:0 showed the higher E and LNG, 1.4 and 1.1 cm tiller<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively, outperforming by 45 and 78 %, respectively, association 4:4:2 ( $P<0.05$ ). In other studies<sup>(25,26)</sup> it is mentioned that both E and S in perennial ryegrass show strong correlation to outside temperature, and that forage net growth is negative, when temperatures are low, because temperature  $\leq 6$  °C negatively affects both E and LNG. Besides, in another study<sup>(27)</sup>, it is stated that elongation is greater in summer because in that season, outside temperature is closer to the optimal for growth (18 to 25 °C), so the greater herbage yield is obtained in summer.

White clover showed the higher E and LNG in spring and summer (Table 2). In spring no significant differences were found between associations for both E and LNG. However differences were found for leaf senescence ( $P<0.05$ ) and association 4:6:0 showed the best value for this trait, 0.05 cm<sup>2</sup> leaf<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. In summer, differences in both E and LNG were recorded and only association 4:6:0 was significantly different ( $P<0.05$ ), not showing differences for leaf senescence. In the fall, excepting leaf senescence, no differences between treatments were found, while in winter, association 4:6:0 (0.3 cm<sup>2</sup> leaf<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) showed the lowest value and significantly different from the other treatments ( $P<0.05$ ).

The greatest white clover petiole elongation and net growth took place in spring and summer (Table 2), while no differences were found in winter. Senescence did not show differences among associations in any season. In spring, association 4:2:2 showed the greatest value for both E and NG in white clover petiole (2.01 and 1.92 cm<sup>2</sup> leaf<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) 60 and 58 %



Cuadro 2. Elongación, senescencia y crecimiento neto de folíolos y peciolo de trébol blanco en las diferentes estaciones del año, en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas

Table 2. White clover leaflet and petiole seasonal elongation, senescence and net growth in five legume-grass associations

Season		Associations					SEM	Sig.
		4:3:3 TB-O-BP	4:0:6 TB-BP	4:6:0 TB-O	4:2:4 TB-O-BP	4:4:2 TB-O-BP		
		Leaflets (cm <sup>2</sup> leaf <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )						
Spring	E	1.5	1.2	1.4	1.6	1.5	0.23	NS
	S	0.1 B	0.1 B	0.5 A	0.2 A	0.1B	0.15	*
	NG	1.4	1.1	0.9	1.4	1.4	0.26	NS
Summer	E	1.4 A	1.0 B	1.3 AB	1.3 AB	1.7 A	0.16	*
	S	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.05	NS
	NG	1.3 A	0.8 B	1.2 AB	1.2 AB	1.5 A	0.16	**
Fall	E	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.07	NS
	S	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.03	NS
	NG	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.08	NS
Winter	E	0.5 A	0.5 A	0.3 B	0.5 A	0.5 A	0.06	**
	S	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.04	NS
	NG	0.4 AB	0.5 A	0.3 B	0.4 AB	0.5 A	0.06	*
		Petiole (cm petiole <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )						
Spring	E	1.62 ABC	1.52 BC	1.25 C	2.01 A	1.73 AB	0.16	*
	S	0.01	0.03	0.04	0.09	0.05	0.03	NS
	NG	1.61 AB	1.49 AB	1.21 B	1.92 A	1.68 A	0.16	**
Summer	E	1.75 B	1.57 B	1.72 B	1.89 AB	2.24 A	0.17	**
	S	0.04	0.06	0.02	0.04	0.05	0.03	NS
	NG	1.71 AB	1.51 B	1.68 B	1.85 AB	2.19 A	0.18	**
Fall	E	0.52 AB	0.51 AB	0.49 B	0.47 B	0.65 A	0.05	**
	S	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	NS
	NG	0.50 AB	0.48 AB	0.47 AB	0.45 B	0.62 A	0.06	*
Winter	E	0.68	0.74	0.54	0.67	0.66	0.08	NS
	S	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02	NS
	NG	0.64	0.69	0.51	0.66	0.65	0.07	NS

AB Different uppercase letters in rows indicate significant differences ( $P < 0.05$ ): E= Elongation, NG= Net Growth, S= Senescence, WC= White clover, C= Cocksfoot, PR= Perennial ryegrass, SEM= Standard error of the mean, Sig.= Significance.

asociación 4:2:4 registró el valor mayor en E y CN del peciolo (2.01 y 1.92 cm<sup>2</sup> hoja<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) siendo superior en 60 y 58 %, respectivamente a la asociación 4:6:0. En verano la asociación 4:4:2 superó en 42 y 45 % a las asociaciones 4:3:3 y 4:6:0 en E y CN del peciolo ( $P < 0.05$ ), respectivamente. En otoño se observó la menor E y CN del peciolo; estos resultados son similares a los reportados en trébol blanco asociado con ballico perenne<sup>(4)</sup>, en donde se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la tasa de elongación de peciolo y expansión foliar del trébol blanco, al variar el intervalo de pastoreo,

respectively greater than in association 4:6:0. In summer, association 4:4:2 surpassed by 42 and 45 % respectively, associations 4:3:3 and 4:6:0 in petiole E and NG. These results are similar to those found for a white clover perennial ryegrass association<sup>(4)</sup>, where differences ( $P < 0.05$ ) in petiole elongation rate and leaf expression were found in white clover, with different grazing frequencies, regardless of treatment, in experiments where 900-1,000 kg DM ha<sup>-1</sup> (every 3 wk) and 1,500-1,700 kg DM ha<sup>-1</sup> (every 6 and 12 wk) forage residue was left.

independientemente del tratamiento asignado, en experimentos donde dejaron un forraje residual de 900-1000 kg MS ha<sup>-1</sup> (cada 3 semanas), 1500-1700 kg MS ha<sup>-1</sup> (cada 6 y 12 semanas).

Los resultados en E, CNF y S en las asociaciones con ovillo, coinciden con otros estudios, que informan que en praderas asociadas, el ovillo afecta la velocidad de rebrote del trébol blanco, debido a la competencia interespecífica, la cual influye en el tamaño de los folíolos y estolones y en la distribución espacial del dosel vegetal del trébol blanco<sup>(28)</sup>.

La velocidad con la que un forraje se recupera después de una defoliación, depende de los carbohidratos de reserva en raíces y el número de yemas vegetativas iniciadas, lo que favorece un crecimiento foliar acelerado, y por consecuencia una mayor intersección de luz, lo que incrementa la capacidad fotosintética de las hojas; y una mayor elongación y crecimiento neto foliar<sup>(29)</sup>.

Las condiciones ambientales determinan la tasa de crecimiento foliar del trébol blanco, la cual es particularmente alta en primavera-verano<sup>(30,31)</sup>. Pero mucho menor en otoño-invierno debido al estrés ocasionado por bajas temperaturas y menor fotoperiodo, que provoca que se presente más del 70 % del total de la senescencia, principalmente de la parte apical<sup>(32)</sup>. La E y CN del trébol blanco es más baja que la de los pastos templados al inicio de primavera, pero en verano el trébol tiene una tasa de sobrevivencia y crecimiento mayor debido a que se encuentra en sus temperaturas óptimas de crecimiento (< 24 °C) (Figura 1), lo que restablece el equilibrio de la especie<sup>(32)</sup>.

Independientemente de la asociación, la mayor E y CNF del trébol blanco, ovillo y ballico perenne se presentó en primavera y verano y las menores en otoño e invierno, y se atribuyen a que, en los meses de abril a septiembre se registraron los rangos de temperatura óptimos para el crecimiento, mientras que de octubre a

E, LNG and S results in associations with cocksfoot are in coincidence with what is mentioned in other studies, which report that cocksfoot affects white clover regrowth speed owing to interspecific competition, which influences leaflet and stolon size and on spatial distribution of the white clover canopy<sup>(28)</sup>.

The speed with which a forage recuperates after defoliation, depends on carbohydrate reserves in roots and on the number of initiated vegetative buds, which favors a speedy leaf growth, and in consequence more light interception, which increases leaf photosynthesis activity and in consequence greater leaf elongation and net growth<sup>(29)</sup>.

The environment determines white clover leaf growth rate, which is high in spring and summer<sup>(30,31)</sup>, and lower in fall and winter, because of stress due to low temperatures and less photoperiod, causing more than 70 % of total senescence, mainly in the apical area<sup>(32)</sup>. E and NG in white clover is lower than in temperate grasses at the beginning of spring, but in summer, white clover presents greater survival and growth rates because it finds an optimal temperature range (<24 °C) for its development (Figure 1), which reestablishes the equilibrium of the species.

Regardless of which association, the greater E and LNG in white clover, cocksfoot and perennial ryegrass was found in spring and summer, which can be attributed to the optimal temperature range for growth recorded between April and September, while between October and March lower temperature sets back the growth rate in the evaluated species (Figure 1)<sup>(20,21,33,34)</sup>.

Association 4:3:3 showed the greatest perennial ryegrass tiller weight in spring, summer and winter (Table 3). The yearly average of this association surpassed by 8, 18 and 116 % ( $P<0.05$ ) those of associations 4:4:2, 4:2:4 and 4:0:6, respectively. In summer and winter the higher and lower average tiller weight was recorded, 0.24 and 0.12 g tiller<sup>-1</sup>, respectively,

febrero las temperaturas más bajas lo que retrasa el crecimiento de las especies evaluadas (Figura 1)<sup>(20,21,33,34)</sup>.

La asociación 4:3:3 registró ( $P<0.05$ ) el mayor peso por tallo de ballico perenne en primavera, verano e invierno (Cuadro 3). El promedio anual de esta asociación superó en 8, 18 y 116 % ( $P<0.05$ ) a las asociaciones 4:4:2, 4.2:4 y 4:0:6, respectivamente. En verano y otoño se registró el mayor y el menor peso promedio por tallo; 0.24 y 0.12 g tallo<sup>-1</sup> respectivamente, y se registraron diferencias en las otras épocas del año ( $P<0.05$ ). La asociación 4:6:0 registró el menor peso por tallo en las otras épocas del año (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los de otros autores<sup>(4,15)</sup>, quienes observaron el mayor peso de los tallos de ballico perenne en verano, independientemente de la frecuencia de corte; pero difieren a otros obtenidos en praderas puras con diferentes frecuencias de pastoreo<sup>(27)</sup>, donde reportaron que en la época

and differences were found in other seasons ( $P<0.05$ ). In association 4:6:0 the lower weight per tiller was found in the other seasons (Table 3). These results are in coincidence with those mentioned by other authors<sup>(4,15)</sup>, who found the greatest perennial ryegrass tiller weight in summer, regardless of cutting frequency, but differ from other data reported for pure pastures at different grazing frequencies<sup>(27)</sup>, where no differences between treatments were found in winter.

Association 4:2:4 showed the best cocksfoot average annual weight (0.25 g tiller<sup>-1</sup>), greater ( $P<0.05$ ) than that of other associations in spring and summer (0.31 and 0.38 g tiller<sup>-1</sup>), surpassing by 280 and 225 % association 4:6:0 (Table 3). No differences between treatments were found in the fall. In winter, tiller weight in association 4:6:0 was lower and different from the other associations ( $P<0.05$ ). Results

Cuadro 3. Cambios estacionales en el peso por tallo de ballico perenne y pasto ovillo en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas (g tiller<sup>-1</sup>)

Table 3. Seasonal changes in tiller weight in perennial ryegrass and cocksfoot in five legume-grass associations (g tiller<sup>-1</sup>)

Season	Associations					SEM	Sig.	Aver.
	4:3:3 TB-O-BP	4:0:6 TB-BP	4:6:0 TB-O	4:2:4 TB-O-BP	4:4:2 TB-O-BP			
Perennial ryegrass								
Spring	0.28 A b	0.14 C ab	-	0.28 A ab	0.19 B b	0.003	**	0.18 b
Summer	0.38 A a	0.17 D a	-	0.34 B a	0.33 C a	0.002	**	0.24 a
Fall	0.18 AB c	0.08 B c	-	0.14 AB c	0.19 A b	0.032	**	0.12 d
Winter	0.22 A bc	0.11 B bc	-	0.22 A bc	0.18 AB b	0.025	**	0.15 c
Average	0.26 A	0.12 C	-	0.24 AB	0.22 B	0.01	**	
SEM	0.02	0.01		0.03	0.04			0.01
Sig.	**	**		**	**			**
Cocksfoot (g tiller <sup>-1</sup> )								
Spring	0.23 B b	-	0.11 D b	0.31 A a	0.21 C b	0.003	**	0.17 b
Summer	0.34 C a	-	0.16 D a	0.38 A a	0.36 B a	0.003	**	0.25 a
Fall	0.10 d	-	0.08 bc	0.10 c	0.14 b	0.029	NS	0.08 d
Winter	0.18 A c	-	0.07 B c	0.21 A b	0.17 A b	0.023	**	0.13 c
Average	0.21 B	-	0.10 C	0.25 A	0.22 B	0.01	**	
SEM	0.02		0.01	0.02	0.03			0.01
Sig.	**		**	**	**			**

AB Different uppercase letters in each row indicate significant differences ( $P<0.05$ ); ab Different lowercase letters in each column indicate significant differences ( $P<0.05$ ). WC= White Clover, C= Cocksfoot, PR= Perennial ryegrass, SEM= Standard error of the mean, Sig.= Significance, \* ( $P<0.05$ ), \*\* ( $P<0.01$ ), Prom.= Average.

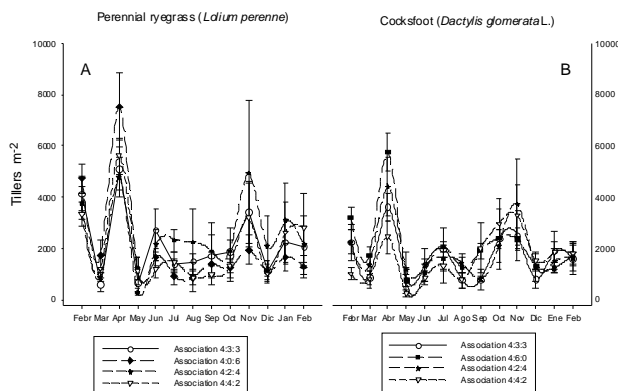
de invierno no existieron diferencias entre tratamientos.

La asociación con el 4:2:4 presentó el mejor peso promedio anual de pasto ovido ( $0.25 \text{ g tallo}^{-1}$ ), y fue mayor ( $P < 0.05$ ) al resto de las asociaciones en primavera y verano ( $0.31$  y  $0.38 \text{ g tallo}^{-1}$ ), superando en 280 y 225 % a la asociación 4:6:0 (Cuadro 3). Durante el otoño no se observaron diferencias entre tratamientos. En invierno, la asociación 4:6:0 fue menor y diferente al resto de las asociaciones ( $P < 0.05$ ). Los resultados del experimento confirman lo informado por otros autores<sup>(4,20)</sup>, quienes evaluaron curvas estacionales de crecimiento de esta especie, y observaron que en primavera y verano se presenta la mayor cantidad de biomasa producida, lo cual está estrechamente correlacionado con en número y peso por tallo<sup>(4,20)</sup>.

Para la densidad de tallos los resultados no muestran diferencias entre tratamientos durante los diferentes meses del año; sin embargo, en ambas especies, independientemente de la asociación, a inicios de primavera (abril) y en otoño (octubre y noviembre) se presentaron las mayores densidades de tallos (Figura 2). Lo

Figura 2. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne y pasto ovido durante los diferentes meses del año, en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas

Figure 2. Monthly changes in tiller density in perennial ryegrass and cocksfoot throughout the year in five legume-grass associations



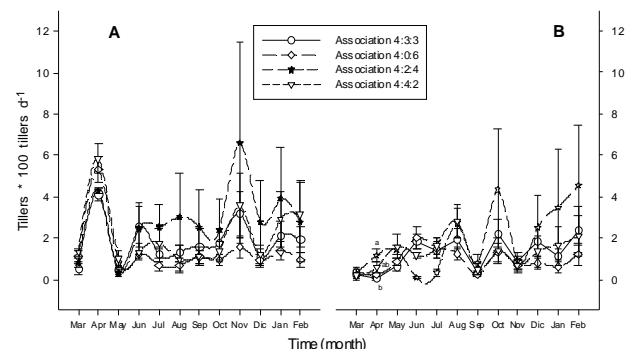
obtained in the present study confirm what is reported by other authors<sup>(4,20)</sup>, who evaluated cocksfoot seasonal growth curves, and found that the greater biomass output in summer and spring shows close correlation to tiller number and weight.

Results do not show differences among treatments for tiller population density throughout the year, however, in both species (cocksfoot and perennial ryegrass), regardless of the association, at the beginning of spring (April) and autumn (October and November), the greater tiller densities were found (Figure 2). This coincides with what is reported in another study<sup>(35)</sup>, where the greater tiller densities were found in the same two species in the lower temperature seasons.

Perennial ryegrass did not show differences throughout the study period, but two peaks were observed for tiller emergence (Figure 3A), in April (beginning of spring) and October and November (beginning of autumn), being association 4:2:4 the one that showed the greater value ( $6.59 \text{ tillers} \cdot 100 \text{ tillers d}^{-1}$ ). Studies carried out in perennial ryegrass swards<sup>(15)</sup> report the greater tiller emergence in summer and winter, double those found in autumn and spring, which is not in coincidence

Figura 3. Tasa de aparición (A) y muerte (B) de tallos de Ballico perenne en cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas

Figure 3. Perennial ryegrass tiller emergence (A) and mortality (B) rates in four legume-grass associations



anterior coincide con otro estudio<sup>(35)</sup> que reportó las mayores densidades de tallos en la época de menor temperatura, en las mismas especies.

El ballico perenne no registró diferencias durante el experimento y mostró dos picos en la aparición de tallos (Figura 3A); el primero fue en abril y el segundo pico se presentó en noviembre, siendo la asociación 4:2:4 la que mostró el valor más alto (6.59 tallos\*100 tallos d<sup>-1</sup>). Estudios en praderas de ballico perenne<sup>(15)</sup>, reportaron las mayores tasas de aparición de tallos en verano e invierno, las cuales duplicaron a las de otoño y primavera, no coincidiendo con los resultados observados en este estudio, ya que las mayores tasas de aparición ocurrieron después de una helada presentada en octubre (Figura 1). Así mismo, otros estudios<sup>(8)</sup> respaldan este trabajo, al demostrar que el ballico perenne promueve una rápida formación de tallos con defoliaciones frecuentes.

La tasa de mortalidad de tallos de pasto ballico perenne varió considerablemente entre asociaciones durante el periodo de evaluación (Figura 3B) y sólo se registraron diferencias estadísticas ( $P<0.05$ ) en abril. En octubre se registró la mayor mortalidad con 4.3 tallos\*100 tallos d<sup>-1</sup>. Estos resultados difieren a los obtenidos por otros autores<sup>(27)</sup>, quienes reportaron la mayor tasa de muerte en verano (septiembre) y especularon que esto se debe a la competencia por luz y nutrientes o a la defoliación severa de tallos reproductivos que son la fuente de nutrientes de los tallos jóvenes. En este experimento la mortalidad de tallos se atribuye principalmente a la presencia de heladas y a la defoliación severa y selectiva de los ovinos.

En pasto ovillo se registraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre asociaciones durante el invierno (diciembre, enero y febrero) (Figura 4A), siendo la asociación 4:4:2 la que registró el valor promedio más alto (6.3 tallos \* 100 tallos d<sup>-1</sup>). Al igual que en ballico perenne,

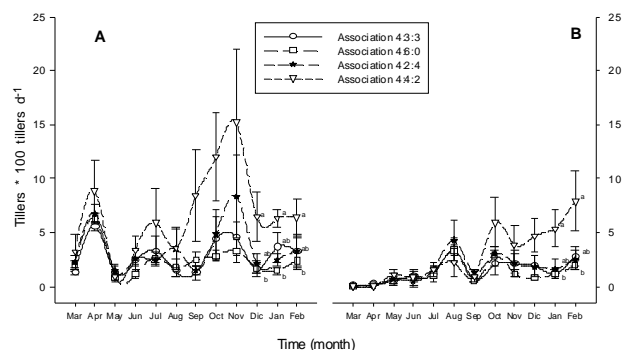
with what was observed in the present study, where the greater emergence rates were seen after a frost in October (Figure 1). Besides, other studies<sup>(8)</sup> support this, proving that frequent defoliations promote rapid tiller formation.

Perennial ryegrass tiller mortality rate varied considerably among associations in the course of the evaluation period (Figure 3B), and statistically significant differences were found in April only ( $P<0.05$ ). In October the greater tiller mortality rate was recorded (4.3 tillers\*100 tillers d<sup>-1</sup>). These results differ with what is mentioned by other authors<sup>(27)</sup> who report the greater mortality rate in summer (September) attributed to greater competition for light and nutrients or to severe defoliation of reproductive tillers, which are a source of nutrients to young tillers. In the present study, tiller mortality is ascribed mainly to frosts and to selective and severe defoliation by sheep.

In cocksfoot significant differences ( $P<0.05$ ) were found between associations in winter (December, January and February) (Figure 4A), being association 4:4:2 the one which showed the greater average (6.3 tillers\*100 tillers d<sup>-1</sup>). Same as in perennial ryegrass, two tiller emergence peaks were observed, one in April

Figura 4. Tasa de aparición (A) y muerte (B) de tallos de pasto Ovillo en cuatro asociaciones de gramíneas – leguminosas

Figure 4. Cocksfoot tiller emergence (A) and mortality (B) rates in four legume-grass associations



se observaron dos picos de aparición en abril y noviembre. El mayor crecimiento de tallos ( $P < 0.05$ ) en todas las asociaciones se presentó en enero y febrero ( $6.2 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$  en promedio).

Las especies evaluadas mostraron un comportamiento similar en respuesta a las condiciones ambientales; de esta forma se confirma que el rebrote y los componentes del rendimiento de las plantas forrajeras dependen de los factores ambientales<sup>(36)</sup>. Otro factor que influye en la dinámica de tallos es la competencia intraespecífica de tallos en el mismo macollo y al crecimiento individual de cada tallo, lo que provoca sombrero a los tallos pequeños incrementando su mortalidad<sup>(37)</sup>.

Se concluye que el ballico perenne, el pasto ovillo y el trébol blanco presentaron una marcada estacionalidad en la elongación foliar, crecimiento neto y senescencia, con mayor crecimiento y tasa de recambio de tejidos en primavera y verano, y la menor durante otoño-invierno. Las asociaciones con las tres especies evaluadas registraron mayores valores de elongación, crecimiento neto, senescencia y dinámica de tallos en comparación con las que sólo se asociaron dos especies, siendo las mejores proporciones 4:2:4 y 4:3:3. El ballico perenne presentó mayores tasas de aparición de tallos en relación al pasto ovillo, lo que explica las mayores tasas de recambio de tejido en las asociaciones donde el ballico estuvo en mayor proporción. Tratamientos con las tres especies presentaron mayores valores en las variables evaluadas, por lo que se puede recomendar una asociación 4:2:4 ó 4:3:3 en praderas de clima templado.

## LITERATURA CITADA

1. Zaragoza EJ, Hernández GA, Pérez PJ, Herrera HJG, Osnaya GF, Martínez HPA, González MS, Quero CAR. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Téc Pecu Méx* 2009;47(2):173-188.
2. Barrientos DL, Montenegro BA, Pino NI. Evaluación de la fijación simbiótica de nitrógeno de *Lupinus albus* y *L.*

and another in November. The greater tiller mortality ( $P > 0.05$ ) was found, for all associations, in January and February ( $6.2 \text{ tillers} \cdot 100 \text{ tillers d}^{-1}$  on average).

The evaluated species showed similar performance in response to environmental conditions. This confirms that regrowth and yield components of forage plants are dependent on environmental factors<sup>(36)</sup>. Another factor which influences tiller dynamics is intraspecific tiller competition in the same plant and to individual tiller growth, which induces overshadowing of young tiller causing their death<sup>(37)</sup>.

It can be concluded that perennial ryegrass, cocksfoot and white clover show a strong seasonality in leaf elongation, net growth and senescence, with greater growth and tissue turnover rates in spring and summer and lower in autumn and winter. Associations with the three assessed species showed greater leaf elongation values, net growth, senescence and tiller population dynamics than in associations with only two species, being the best proportions 4:2:4 and 4:3:3. Perennial ryegrass showed the best tiller emergence rate relative to cocksfoot, which explains the greater tissue turnover rates in those associations where this specie was present in greater proportion. Treatments with the three species showed greater values in the evaluated variables, so 4:2:4 and 4:3:3 associations can be recommended for pastures in temperate climates.

*End of english version*

---

*angustifolius* en un andizol vilcun del sur de Chile. *Terra Lat* 2002;(20):001.

3. Davies A. Competition between grasses and legumes in Established Pastures. In: Competition and succession in pastures. CABI Publishing UK. 2001.
4. Hernández GA, Hodgson JG, Matthew C. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *N Z J Agric Res* 1997;(40):25-35.
5. Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson, J. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO<sub>2</sub>

## LONGITUD FOLIAR Y POBLACIÓN DE TALLOS DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSA

- exchange of perennial ryegrass miniature sward. *Grass Forage Sci* 2000;(54):1-5.
6. Hodgson J. *Grazing management. Science into practice.* Harlow, England: Longman Scientific and Technical; 1990.
  7. Davies A, Simons RG. Effect cutting regime on developmental morphology and spring growth of perennial ryegrass. *J Agric Sci* 1979;92:457-459.
  8. Hernández GA, Matthew C, Hodgson J. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *N Z J Agri Res* 1999;(54):347:356.
  9. Mazzanti A, Lemaire G. Effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. I. Consumption and efficiency of herbage utilization. *Grass Forage Sci* 1994;49:352-359.
  10. Lemaire G. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. *Proc XIX Int Grassland Congr. Brazilian Soc Anim Husb Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil. 2001.*
  11. Matthew C, Quilter SJ, Korte CJ, Chu ACP, Macckay AD. Stolon formation and significance for tiller dynamics in perennial ryegrass. *Proc N Z Grassland Assoc* 1989;(50):255-259.
  12. Matthew C, Xia JX, Hodgson J, Chu ACP. Effect of late spring grazing management on tiller age profiles and summer-autumn pasture growth rates in a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) sward. *Proc XVI Int Grassland Cong.* 1989.
  13. Da Silva SC, Matthew C, Matthews PNP, Hodgson J. Influence of spring grazing management on summer and autumn production of dairy pastures. *Proc XVII Int Grassland Cong.* 1993.
  14. Da Silva SC, Hodgson J, Matthews PNP, Matthew CW. Effect of contrasting spring grazing management on summer-autumn pasture and milk production of mixed ryegrass-clover dairy swards. *Proc N Z Soc Anim Prod* 1994;54:79-82.
  15. Velasco ZME, Hernández GA, González HVA. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Rev Fitotec Mex* 2007;30(1):79-87.
  16. Hodgson J, Da Silva SC. Options in tropical pasture management. *Proc Ann Meet Brazilian Soc Anim Sci. Recife, Brazil. 2002:180-202.*
  17. Ortiz SC. Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. 1997.
  18. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México: Ed. Limusa; 1988.
  19. White J, Hodgson J. Pasture establishment. In: *Pasture and crop science.* New Zealand: Oxford University Press; 1999:104-106.
  20. Velasco ZME, Hernández GA, 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.
  21. Velasco ZME, Hernández GA, González HVA. Rendimiento y valor nutritivo de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc Pecu Méx* 2005;43(2):274:258.
  22. Williams RF, Evans LT, Ludwig LJ. Estimation of leaf area for clover and Lucerne. *Aust J Agric Res* 1994;15:231-233.
  23. SAS. *User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.).* Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2002.
  24. Wilson GCY, Zavaleta MHA, López DH, Hernández GA. La citoquinina BAP retrasa la senescencia, aumenta antioxidantes, proteína y crecimiento en el pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Agrociencia* 2008;42:799-806.
  25. Brereton JA, Carton OT, O'Keffe WF. Tissue turnover in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) during winter. *J Agric Res* 1985;24:49-62.
  26. Hennessy D, O'Donovan M, French P, Laidlaw AS. Factors influencing tissue turnover during winter in perennial ryegrass-dominated swards. *Grass Forage Sci* 2008;63(2):202-211.
  27. Garduño VS, Pérez PJ, Hernández GA, Herrera HJG, Martínez HPA, Joaquin TBM. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Téc Pecu Méx* 2009;47(2):189-202.
  28. Sanderson MA, Elwinger GF. Plant density and environment effects on Orchardgrass – White clover mixtures. *Crop Sci* 2002;42:2055-2063.
  29. Lemaire G, Agnusdei M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *Grassland Ecophysiol Grazing Ecol.* CABI Publishing UK. 2000.
  30. Hay RJM. Seasonal variation in the distribution of white clover stolons among three horizontal strata in two grazed swards. *N Z J Agric Res* 1983;26:29-34.
  31. Hay RJM, Ryan DL. A review of 10 years' research with red clovers under grazing in Southland. *Proc N Z Grassland Assoc* 1989;50:181-187.
  32. Brock JL, Tilbrook JC. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *N Z J Agric Res* 2000;43:335-343.
  33. Clark H, Newton PCD, Bell CC, Glasgow EM. The influence of elevated CO<sub>2</sub> and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in pasture turfs dominated by ryegrass (*Lolium perenne*) y white clover (*Trifolium repens*). *J App Ecol* 1995;32:128-136.
  34. Brock JL, Caradus JR, Hay MJM. Fifty years of white clover research in New Zealand. *Proc N Z Grassland Assoc* 1989;50:25-39.
  35. Ganderats FS, Hepp KC. Mecanismos de crecimiento de *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en la zona intermedia de Aysén. *Agric Téc* 2003;63(2):259-265.
  36. Durand JL, Schäufele R, Gastal F. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Ann Bot* 1999;83:577-588.
  37. Matthew C, Hernández-Garay A, Hodgson J. Making sense of the link between tiller density and pasture production. *N Z Grassland Assoc* 1996;57:83-87.

