

CAMBIOS EN COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE UNA PRADERA DE BALLICO PERENNE, EN RESPUESTA A LA FRECUENCIA DE CORTE

CHANGES IN YIELD COMPONENTS OF A RYEGRASS SWARD, IN RESPONSE TO CUTTING FREQUENCY

María Eugenia Velasco-Zebadúa^{1,2*}, Alfonso Hernández-Garay¹
y Víctor A. González-Hernández¹

¹ Recursos Genéticos y Productividad, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México- Texcoco, 56230, Montecillo, Estado de México. ² Dirección actual: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas. Apdo. postal 392, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fax: 01(961) 615-0826.

* Autor para correspondencia (mvelascoz@yahoo.com.mx)

RESUMEN

Se estudió el efecto de la frecuencia de corte sobre los componentes del rendimiento del ballico perenne (*Lolium perenne* L.), a través del año, de junio 1998 a julio 1999, en condiciones de campo, en Montecillo, Texcoco, México. Se emplearon praderas irrigadas del cv. 'Tetraploide Americano' sometidas a tres frecuencias de corte (2, 4 y 6 semanas) durante las cuatro estaciones del año, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en parcelas de 16 m². La altura de corte fue de 5 cm. Los análisis de varianza se hicieron para comparar frecuencias en cada estación del año y para comparar estaciones en cada frecuencia, en la variables: producción de biomasa de hojas verdes, tamaño y densidad de tallos, tasas de aparición y muerte de tallos, y tasa de aparición de hojas. La mayor acumulación de biomasa foliar verde (4990 kg MS ha⁻¹ año⁻¹) se obtuvo con cortes cada 4 semanas ($P \leq 0.05$), porque permitió obtener la máxima tasa neta de formación de tallos (tasa de aparición – tasa de muerte) como resultado de combinar una densidad de tallos relativamente alta (21 428 tallos/ha) con un tamaño intermedio (45 mg/tallo) de los mismos. En promedio anual, conforme aumentó la frecuencia de corte de 6 a 2 semanas el peso por tallo disminuyó, mientras que la tasa de aparición de tallos aumentó. La tasa de aparición de tallos también varió entre estaciones del año, ya que las tasas de verano e invierno duplicaron a las de otoño y primavera. La tasa de muerte de tallos no varió significativamente entre frecuencias de corte en promedio de estaciones, ni entre estaciones en promedio de frecuencias. La mayor tasa de formación de hojas se registró en verano en las tres frecuencias de corte, mientras que entre frecuencias no hubo diferencias en promedio de estaciones.

Palabras clave: *Lolium perenne* L., densidad de tallos, tasa de aparición de tallos, tasa de muerte de tallos, dinámica de praderas.

SUMMARY

The effect of three cutting frequencies on yield components of a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) sward was studied throughout the year, from June 1998 to July 1999, under field conditions at Montecillo, Texcoco, México. We compared irrigated swards of the cv.

'American Tetraploid' submitted to three defoliation frequencies (2, 4 and 6 weeks) through the four seasons of the year, under a randomized complete blocks design with four replicates in plots of 16 m². The sward height cut was 5 cm. An analysis of variance was carried out to compare cutting frequencies in each season and another to compare seasons within each frequency, regarding the variables: green leaf biomass production, tiller size, tiller population density, tiller appearance rate, tiller loss rate and leaf appearance rate. Among frequencies, the highest leaf biomass (4990 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹) occurred with cuts every 4 weeks ($P \leq 0.05$), because this treatment allowed to obtain the highest net tiller formation rate (tiller appearance rate – tiller loss rate) as a result of combining a high tiller density (21 428 tillers/ha) with medium size tillers (45 mg/tiller). In the annual average, as the cutting frequency increased from 6 to 2 weeks the tiller weight decreased, whereas the tiller appearance rate increased. The tiller appearance rate also varied among seasons since during summer and winter the rate was twice than in Autumn and Spring. Neither the cutting frequency averaged over seasons or the season averaged over frequencies did significantly affect the tiller loss rate. The highest leaf formation rate occurred in Summer in the three cut frequencies, whereas among frequencies there were not differences in the average of the four seasons.

Index words: *Lolium perenne* L., tiller population density, tiller appearance rate, tiller loss rate, sward dynamics.

INTRODUCCIÓN

En pastos la unidad de crecimiento primario es el hijuelo o tallo, y la pradera puede considerarse como una población de éstos, de modo que el aumento en la producción de forraje puede atribuirse a incrementos en la densidad de tallos, en el peso individual de cada tallo o a una combinación de ambos. La tasa de crecimiento de la pradera integra las tasas de crecimiento de sus tallos, y es influenciada por la tasa de producción de nuevos tallos y por tasa de crecimiento individual de cada tallo. Los

experimentos realizados con baja densidad de plantas a menudo sugieren que la formación de tallos es el factor del rendimiento más importante (Hernández-Garay *et al.*, 1993; Nelson y Zarroug, 1981), mientras que en alta densidad de tallos o cuando la pradera llega a la fase reproductiva, el peso por tallo es el factor más importante (Volenc y Nelson, 1983).

En una pradera de gramíneas los tallos están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo, a tasas que varían de acuerdo con las condiciones ambientales, estación del año y manejo (Hodgson, 1990; Hernández-Garay *et al.*, 1997). La tasa de aparición de tallos está directamente relacionada con la tasa de aparición de hojas. En términos de la dinámica de formación de tallos, el número de hojas formadas determina el potencial de aparición de tallos, si se considera que en la axila de cada hoja existe una yema de tallo; la relación aparición de tallos/aparición de hojas (o 'sitio de llenado'), es la medida más ampliamente usada de la proporción de yemas que llegan a formar tallos. En ballico perenne (*Lolium perenne* L.) esta relación tiene un máximo teórico de 0.693 al suponer una aparición de tallos estrictamente secuencial y el tiempo de un filocrón entre la aparición de una hoja y un tallo en un fitómero (Matthew *et al.*, 2000).

La productividad de una pradera depende del mantenimiento de una buena población de tallos (Hodgson, 1996). La persistencia de la pradera está directamente determinada por el efecto combinado del patrón estacional de aparición y mortalidad de tallos. En una pradera de ballico perenne, tanto la persistencia de la misma como la producción de forraje dependen del balance entre las tasas de aparición y muerte de tallos, balance que es afectado especialmente por la frecuencia e intensidad de corte (Hernández-Garay *et al.*, 1999). Con cortes (defoliaciones) frecuentes se reduce la competencia por luz y aumenta la proporción de luz roja/(luz roja lejana + luz azul), de modo que la respuesta fotomorfogénica de la pradera es la formación de hojas cortas y alta densidad de tallos. Por el contrario, con cortes menos frecuentes las plantas desarrollan hojas largas y reducen la tasa de aparición de tallos (Mazzanti *et al.*, 1994; Lemaire, 2001). El aumento en la aparición de tallos como consecuencia de mayor incidencia de la relación de luz roja/luz roja lejana, se ha demostrado en ballico italiano (*L. multiflorum*) y en ballico perenne (Gautier *et al.*, 1999).

Estudios realizados en Inglaterra con ballico perenne han consignado la existencia de picos máximos en la tasa de aparición de tallos en primavera y otoño, así como después de la floración, en regímenes de corte poco frecuentes (Colvill y Marshall, 1984). En Nueva Zelanda, Matthew *et al.* (2000) indicaron que el diagrama de aparición y muerte

de tallos en las diferentes estaciones del año permite apreciar variaciones mensuales y estacionales que a su vez ayudan a establecer estrategias de manejo para asegurar la persistencia y productividad de las especies forrajeras. Así, *Phleum pratense* presentó una estrategia de persistencia reproductiva en la que la renovación de la pradera ocurre principalmente en la etapa de floración (Jewiss, 1996; citado por Matthew *et al.*, 2000). Similar comportamiento fue reportado por Hernández-Garay *et al.* (1997) en praderas de ballico perenne cv. 'Nui', pues encontraron que al pastorear la pradera durante la etapa reproductiva (principios de verano) se logra incrementar el rendimiento de forraje de otoño en 1000 kg de MS, debido al incremento en densidad y peso de tallos. En contraste, el cv. 'Ruanui' muestra una estrategia de persistencia vegetativa porque los nuevos tallos provienen de tallos sin florecer y son formados a una tasa constante durante el año (Matthew *et al.*, 1993).

En México no existen estudios de este tipo, que ayuden a entender la importancia de la dinámica de aparición y muerte de tallos como componentes del rendimiento de cualquier especie forrajera. El conocimiento de la dinámica poblacional de tallos durante el año es una referencia esencial para el manejo de praderas. Con la manipulación de la defoliación por corte o pastoreo, se pueden modificar los picos mensuales y estacionales de aparición de tallos y, con ello, incrementar la densidad de tallos y la productividad de los pastos (Hodgson, 1990; Matthew *et al.*, 2001). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de tres frecuencias de corte sobre la densidad y dinámica de población de tallos y hojas del ballico perenne a través del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio de 1998 a julio de 1999, en praderas irrigadas de ballico perenne cv. 'Tetraploide Americano' ubicadas en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' LN, 98° 53' LO y 2240 msnm). El suelo del área es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica, y de acuerdo con la clasificación americana de suelos se trata de un Typic ustipsamments (Ortiz, 1997). El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15 °C; la temperatura promedio mensual más baja (11.6 °C) y la más alta (18.4 °C) se registra en los meses de enero y mayo, respectivamente (García, 1988).

Durante todo el año se evaluaron tres tratamientos de frecuencia de corte: 2, 4 y 6 semanas, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para tal efecto, en

cada bloque se delimitaron tres unidades experimentales de 4 x 4 m. Las parcelas no se fertilizaron y en la época de seca se aplicaron riegos pesados cada dos semanas. Antes de iniciar el experimento, se aplicó un corte de homogenización a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, se colocaron al azar dos cuadros fijos de 0.25 m² por repetición, en donde se tomaron las muestras de forraje correspondientes a cada frecuencia de corte. Todas los cortes se hicieron a una altura de 5 cm durante el periodo de estudio.

Variables evaluadas

Producción de biomasa foliar verde

La producción de biomasa de hojas se cuantificó al final de cada frecuencia de corte, en dos cuadros fijos de 0.25 m² colocados al azar en cada repetición, durante 12 meses. El forraje así cosechado en cada tratamiento de corte se lavó, se secó a 55 °C por 48 h y se pesó para estimar la cantidad de materia seca total producida en cada estación del año. Para medir su distribución entre órganos, del forraje cosechado se tomó una submuestra de aproximadamente 10 % del total, de la cual se separaron las hojas verdes y tallos; las muestras se depositaron en bolsas etiquetadas y se secaron en una estufa de circulación de aire forzado a 55 °C por 48 h, hasta peso constante y se pesaron. La producción de biomasa foliar verde, que es la de mayor valor nutritivo, se obtuvo al sumar la biomasa de hojas de los cortes sucesivos en cada tratamiento. El resto de la parcela se cortó con una podadora calibrada a la misma altura de corte. Los datos de biomasa total se reportan en Velasco-Zebadúa *et al.* (2005).

Tamaño de tallo (macollo)

Previo al corte de cada tratamiento, al azar se seleccionaron 10 tallos en cada parcela, se cortaron a ras del suelo, se secaron en una estufa de circulación de aire forzado a 55 °C por 48 h y se registró su peso. El peso individual del tallo se calculó al dividir el peso del conjunto de tallos entre el número de éstos. El peso promedio por estación de cada tallo, es el resultado de la suma de los pesos individuales de cada tallo registrados en cada estación, divididos entre el número estacional de muestreos.

Densidad y dinámica de tallos

Al inicio del experimento, en cada parcela se fijaron a nivel del suelo dos aros de 10.6 cm de diámetro, cuya posición se determinó al azar. Todos los tallos vivos existentes en cada aro se marcaron con arillos de plástico de un mismo color. Posteriormente, cada mes durante un año, los hijuelos nuevos se marcaron con arillos de diferente

color y se contaron tanto los tallos sobrevivientes como los muertos que previamente se habían marcado. La densidad de tallos se calculó mediante la suma de los tallos que aparecieron cada mes, más los sobrevivientes previamente marcados en meses anteriores. Las tasas de aparición y muerte de tallos se obtuvieron al dividir el número de tallos nuevos o tallos muertos, entre el número de días transcurridos entre dos muestreos sucesivos.

Tasa promedio de aparición de hojas (TAH)

Esta variable se evaluó a mediados de cada estación del año; para ello se marcaron al azar transectos de 2 m de largo en todas las parcelas, donde se seleccionaron aleatoriamente 10 tallos a intervalos de 20 cm y se identificaron con arillos de plástico rojo; un día después del corte se marcó con pintura blanca no tóxica la segunda hoja más joven de cada tallo. Para estimar la tasa de aparición de hojas, un día antes del siguiente corte se contó el número total de hojas por tallo, se le restaron las dos hojas presentes al momento de marcarlas inicialmente, y se dividió entre el número de días transcurridos entre mediciones.

Características climatológicas

Los promedios mensuales de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima), radiación global, horas luz y precipitación mensual durante el periodo de estudio, se obtuvieron del registro diario de datos climáticos en la Estación Meteorológica del Colegio de Posgraduados, localizada aproximadamente a 400 m del área experimental (Cuadro 1).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada variable en las tres frecuencias de corte, se organizaron de manera estacional o anual para su análisis de varianza, conforme a un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1990). Las comparaciones de medias entre tratamientos de corte y estaciones del año, se efectuaron mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Acumulación de biomasa foliar verde

La biomasa foliar (kg ha⁻¹) se incrementó de manera continua durante el año en las tres frecuencias de corte; el incremento más pronunciado ocurrió durante primavera y verano (Figura 1). El corte cada 4 semanas tuvo mayor

Cuadro 1. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y radiación global, en el área de estudio.

Cuadro 1. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y radiación global, en el área de estudio.					
Mes	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Radiación global (Ly d ⁻¹)*
	Máx.	Mín.	Med.		
1998					
Julio	30.1	8.9	19.5	104.1	498.3
Agosto	29.3	9.0	19.1	85.3	459.1
Septiembre	28.0	11.7	19.8	174.2	360.5
Octubre	25.5	8.1	16.8	36.6	362.2
Noviembre	26.6	3.6	15.1	6.9	386.2
Diciembre	25.5	-1.9	11.8	0.0	385.3
1999					
Enero	26.6	-3.5	11.5	0.0	448.2
Febrero	28.1	-1.4	13.4	1.6	479.9
Marzo	29.5	0.8	15.2	3.0	525.7
Abril	32.3	3.0	17.7	8.0	598.3
Mayo	31.8	4.5	18.2	2.7	585.3
Junio	30.8	8.1	19.4	32.0	501.3

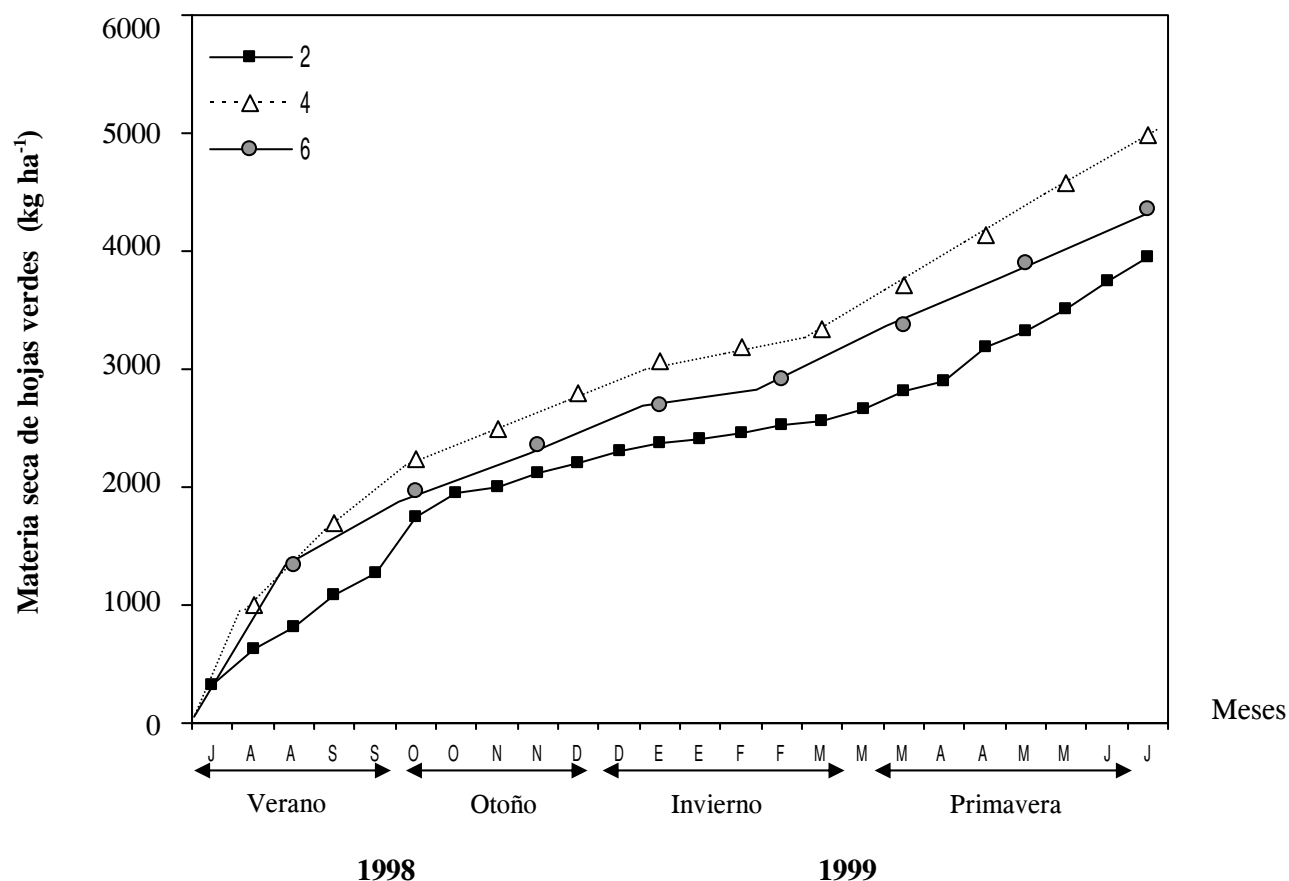
*Langley d⁻¹ = cal m⁻² d⁻¹; Máx. = Máxima; Mín. = Mínima; Med. = Media.

Figura 1. Acumulación de biomasa de hojas verdes en una pradera de ballico perenne, cosechada a intervalos de 2, 4 y 6 semanas.

acumulación de biomasa foliar durante el año que el corte cada 6 semanas, y éste mayor que el corte cada 2 semanas. Al final del periodo de evaluación, el corte cada 4 semanas superó en 13 y 21 % a los de 6 y 2 semanas, respectivamente ($P \leq 0.05$). El menor crecimiento foliar se registró durante el invierno.

Tamaño de tallo

El peso individual de los tallos cambió significativamente ($P \leq 0.05$) con la estación del año y con la frecuencia de corte (Cuadro 2). Con base en el promedio de las tres frecuencias de corte, el peso de tallo registró el siguiente orden: verano > primavera > otoño = invierno. Respecto a las frecuencias de corte, el de cada 6 semanas superó al de 4 semanas, y éste al de 2 semanas, en el verano y en el promedio de estaciones. En otoño y primavera el intervalo de 6 semanas sólo superó al de 2 semanas, en tanto que en el invierno el peso por tallo en el tratamiento de corte cada 6 semanas fue mayor que el registrado al cortar cada 4 y 2 semanas.

Cuadro 2. Peso seco por tallo (mg) de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte en las cuatro estaciones del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Estaciones del año				Promedio
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
2	47 c A	26 b BC	20 b C	39 b AB	33 c
4	70 b A	38 ab C	26 b D	48 ab B	45 b
6	102 a A	46 a B	43 a B	57 a B	62 a
Promedio	73 A	36 C	30 C	48 B	45

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); las minúsculas para comparar frecuencias en columnas, y las mayúsculas para comparar estaciones en hileras.

Densidad de tallos

Los cambios mensuales en densidad de tallos se muestran en la Figura 2, en donde el inicio de cada banda ilustra a una generación mensual de tallos y su respectiva disminución debida a la muerte de tallos. Destaca que a pesar de la disminución progresiva observada en la densidad de tallos (ancho de la banda) en casi todas las generaciones de los tres tratamientos de corte, ninguna banda desapareció en el lapso evaluado (12 meses) y la densidad

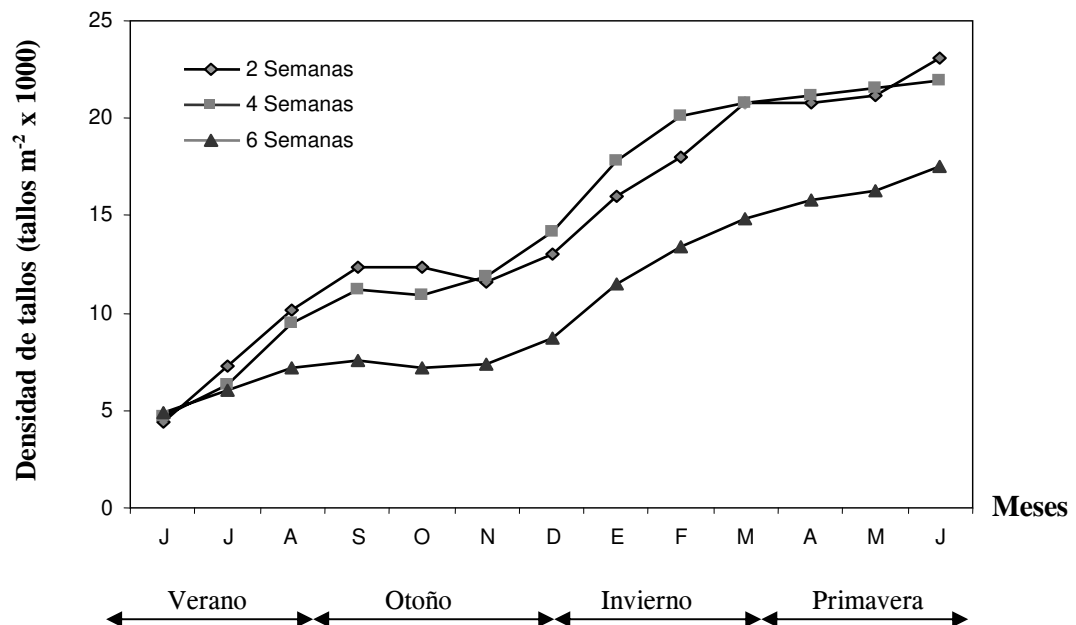


Figura 2. Cambios estacionales en densidad de tallos de ballico perenne, en tres intervalos de corte (2, 4 y 6 semanas).

de tallos aumentó con la edad de la pradera. Así, la densidad inicial promedio de 4700 tallos/m², en un año aumentó a 23 103, 21 488 y 17 508 tallos/m² para las frecuencias de 2, 4 y 6 semanas, respectivamente, lo que evidencia que la densidad aumentó con más rapidez conforme los cortes fueron más frecuentes. Las estaciones con los mayores aumentos en la densidad de tallos, y por tanto con mayores tasas de aparición de tallos, fueron verano e invierno, lo que se atribuye a un mayor desarrollo de meristemos axilares y de actividad meristemática, fenómeno que debió ser promovido por los cortes frecuentes de la pradera y que dio lugar a un mayor crecimiento en la densidad de tallos, como se anotó antes. En cambio, en otoño se registraron las menores tasas de aparición de tallos, que incluso llegaron a ser negativas en septiembre y octubre.

Tasa estacional de aparición y muerte de tallos

En completa concordancia con la variación estacional registrada en la densidad de tallos (Figura 2), también en las tasas de aparición de tallos se registraron diferencias significativas entre estaciones y entre frecuencias de corte (Cuadro 3). En otoño y verano la tasa de aparición de tallos fue superior en las frecuencias de corte de 2 y 4 semanas que en la de 6 semanas, mientras que en invierno y primavera las diferencias entre frecuencias no fueron significativas; tampoco fueron significativas las diferencias estacionales en los cortes cada 6 semanas. En promedio de las tres frecuencias, las tasas registradas en invierno y verano duplicaron a las de otoño y primavera, y en promedio anual los cortes cada 2 y 4 semanas superaron al de 6 semanas.

Cuadro 3. Tasa de aparición estacional de tallos (tallos/m² · d) de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte.

Frecuencia de corte (semanas)	Estación del año				Promedio
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
2	125 a A	41 ab B	128 a A	57 a B	87 a
4	159 a A	58 a B	112 a AB	47 a B	94 a
6	44 b A	24 b A	85 a A	45 a A	49 b
Promedio	109 A	41 B	108 A	50 B	77

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); las minúsculas para comparar frecuencias en columnas, y las mayúsculas para comparar estaciones en hileras.

En la tasa de mortalidad de tallos no se detectaron diferencias significativas entre promedios de estaciones ni entre promedios de frecuencias de corte (Cuadro 4); solamente en otoño la tasa de muerte disminuyó significativamente al ampliar el intervalo entre cortes.

Tasa de aparición de hojas (TAH)

Al analizar por estación, solamente en invierno las diferencias entre frecuencias de corte fueron significativas, ya que las frecuencias de 2 y 6 semanas superaron a la de 4 semanas, de manera que en promedio de estaciones las frecuencias no afectaron significativamente a la TAH (Cuadro 5), cuyo valor promedio en el año fue de 0.074 hojas/tallo · d. Entre estaciones sí hubo diferencias, ya que en promedio de frecuencias de corte la TAH en verano fue mayor que en las otras estaciones ($P \leq 0.05$), mientras que en otoño, primavera y verano la TAH fue estadísticamente igual en todas las frecuencias de corte. Si bien en todas las frecuencias de corte las máximas TAH ocurrieron en verano, las mínimas de cada frecuencia sucedieron en diferentes estaciones: en la de 2 semanas fue en primavera, en la de 4 semanas en otoño, y en la de 6 semanas no hubo diferencias entre estaciones.

Cuadro 4. Tasa de muerte estacional de tallos (tallos/m² · d) de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte.

Frecuencia de corte (semanas)	Estación del año				Promedio
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
2	14 a	43 a	23 a	37 a	29 a
4	15 a	34 ab	35 a	26 a	28 a
6	10 a	16 b	21 a	27 a	19 a
Promedio	13 A	31 A	26 A	30 A	25

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Entre estaciones (hileras) no hubo diferencias significativas.

DISCUSIÓN

La mayor parte del tejido en crecimiento de una especie forrajera son las hojas que producen los tallos, porque además de aportar nutrientes también son responsables de captar la energía solar y transformarla en los fotoasimilados necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Hodgson y Brookes, 1999). En la presente investigación se encontró que la mayor acumulación de biomasa foliar en ballico perenne ocurrió en la frecuencia de corte de 4 semanas, la cual superó en 16 y 25 % a las frecuencias de 2 y 6 semanas (Figura 1). Similarmente, en un estudio previo (Velasco-Zebadúa *et al.*, 2005) realizado en praderas de la misma especie se reportó que la frecuencia de 4 semanas fue la mejor en rendimiento de forraje.

En términos de componentes del rendimiento, la superioridad del corte de 4 semanas se explica porque en esta frecuencia ocurrió la máxima tasa neta de aparición de tallos (tasa de aparición – tasa de muerte; Cuadros 3 y 4) con 66 tallos/m²·d, valor que superó en 14 y 55 % a las

Cuadro 5. Tasas diarias promedio de aparición de hojas (hojas/tallo . d) en respuesta a la frecuencia de corte y a la estación del año, en ballico perenne.

Frecuencia de corte (semanas)	Estaciones del año				Promedio
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
2	0.096 a A	0.060 a AB	0.079 a AB	0.058 a B	0.073 a
4	0.090 a A	0.057 a C	0.066 b BC	0.075 a AB	0.072 a
6	0.084 a A	0.077 a A	0.076 a A	0.072 a A	0.077 a
Promedio	0.090 A	0.065 B	0.073 B	0.068 B	0.074

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); las minúsculas para comparar frecuencias en columnas, y las mayúsculas para comparar estaciones en hileras.

respectivas tasas netas de las frecuencias de 2 y 6 semanas, ya que no hubo diferencias significativas entre cortes en la tasa de aparición de hojas por tallo (Cuadro 5), ni en la tasa de mortalidad de tallos (Cuadro 4), no obstante que tuvo valores intermedios de densidad y tamaño de tallos (Figura 2, Cuadro 2). Resultados similares fueron reportados por Matthew *et al.* (2000) en praderas de ballico perenne, quienes registraron un incremento en biomasa de hojas al combinar un peso por tallo y densidad de tallos intermedios.

El menor rendimiento de biomasa foliar observado en la frecuencia de corte cada 2 semanas (Figura 1), se debe a que los tallos fueron de muy bajo peso (Cuadro 2) aunque haya alcanzado la máxima densidad de tallos (Figura 2); el tratamiento de 6 semanas tampoco dio el mayor rendimiento aunque tuvo los tallos individuales más grandes, porque tuvo la tasa neta de aparición de tallos más baja y la mínima densidad de éstos. En praderas de ballico perenne pastoreadas severamente por ovinos puede haber una densidad de hasta 20 000 tallos/m² pero con sólo 13 mg por tallo. Matthew *et al.* (1996) también observaron menor productividad que en las pastoreadas ligeramente por vacas lecheras en las que la densidad fue de 5 000 tallos/m² pero con un peso de 100 mg por tallo.

Los resultados aquí obtenidos sugieren que las diferencias entre frecuencias de corte y entre estaciones, en cuanto a la densidad (Figura 2) y peso individual de tallos (Cuadro 2), explican las diferencias en acumulación de biomasa foliar. También confirman los cambios compensatorios que ocurren entre la densidad y el peso de los tallos en ballico perenne, ya que al hacer más frecuentes los cortes se promueve una mayor densidad de tallos y un menor peso de los mismos, y viceversa, como fue reportado por Lemaire (2001). La estrecha relación entre la frecuencia de corte y la producción de biomasa de hojas en ballico perenne (Figura 1), concuerda con la observada por

Hernández-Garay *et al.* (1999) al evaluar diferentes intensidades de defoliación.

Los cambios observados en la tasa de aparición de tallos por efecto de la frecuencia de corte (Cuadro 3), podrían deberse a los cambios drásticos en la calidad de luz (Matthew *et al.*, 2001) y a la disminución progresiva en la biomasa de hojas verdes conforme crece la pradera (Hernández-Garay *et al.*, 2000), porque la tasa de producción de tallos se reduce como resultado de una respuesta fotomorfogénica de las plantas y del sombreado de las capas inferiores de la pradera; asimismo, cuando el sombreado afecta el abastecimiento de carbono de la planta la competencia por la asignación de carbono entre las hojas en expansión y las yemas axilares, podría acentuar la disminución en la tasa de producción de tallos.

La superioridad en tasa de aparición de tallos de las frecuencias de corte cada 2 y 4 semanas respecto al de cada 6 semanas (Cuadro 3), presenta concordancia con los estudios realizados en ballico perenne por Roggero *et al.* (1993) y por Chapman y Lemaire (1993), quienes reportaron que a medida que aumenta la frecuencia o la severidad de defoliación aumenta la densidad de tallos y disminuye el tamaño de los mismos.

Los resultados también mostraron que las variaciones climáticas durante el año (Cuadro 1) y las frecuencias de corte hicieron variar la densidad de tallos entre estaciones, pero en todos los tratamientos se registraron los mayores incrementos en la aparición de tallos en verano e invierno, de lo cual se infiere que el ballico perenne muestra una estrategia de perennación vegetativa, que concuerda parcialmente con la consignada por Matthew *et al.* (2000) y por Hernández-Garay *et al.* (1997) para los cvs. 'Ruanui' y Nui en los que la formación de nuevos tallos varía a través del año, con picos máximos en la primera mitad del verano.

La marcada estacionalidad encontrada en la densidad y tamaño de los tallos parece estar relacionada con temperatura y radiación solar (Cuadro 1), sobre todo con temperatura, ya que las bajas temperaturas del invierno promovieron más la formación de nuevos tallos mientras que el calor del verano promovió un mayor peso de los mismos. Al respecto, McKenzie *et al.* (1999) señalaron que la temperatura tiene especial influencia en la aparición de tallos y estolones. Resultados similares sobre la estacionalidad en la aparición de tallos se han indicado para el ballico perenne en Nueva Zelanda, donde según Hodgson (1996) la tasa de reemplazo de tallos es importante durante el verano (diciembre-enero), después de la formación de semillas. De igual forma, Mazzanti *et al.* (1994) indicaron que la densidad de tallos del pasto festuca alta (*Festuca arundinacea* L.) aumentó en la primavera a poblaciones de 6500 tallos/m², y se mantuvo estable durante el verano y otoño.

Por su parte, Korte y Harris (1987) consideran que la estacionalidad en la aparición de tallos se relaciona con la disponibilidad de agua en el suelo; se puede suponer entonces que la mayor tasa de aparición de tallos ocurrida en verano, también pudo ser promovida por la estación de lluvias que proporcionó mayor disponibilidad de agua para las plantas; sin embargo, es difícil explicar los resultados obtenidos en el invierno. Según Hernández-Garay *et al.* (1997), una mayor tasa de muerte se asocia con una mayor tasa de aparición de tallos, asociación que en este estudio se observó entre frecuencias de corte pero no entre estaciones, ya que en otoño y primavera se registraron cantidades significativamente menores en la tasa de aparición de tallos (Cuadro 3) y altas tasas de muerte de tallos (Cuadro 4), aunque las diferencias entre estaciones no fueron significativas ($P > 0.05$). La baja tasa de aparición y muerte de tallos durante la etapa reproductiva del ballico perenne (primavera), coincidió con lo señalado por Hernández-Garay *et al.* (1997) para praderas de ballico perenne y para otras especies de pastos de clima templado (Muslera y Ratera, 1991; Colvill y Marshall, 1984). La baja radiación solar registrada en el otoño respecto a las demás estaciones (Cuadro 1), podría explicar parcialmente la baja tasa de aparición de tallos en esa estación.

La mayor tasa de aparición de hojas de ballico perenne registrada en verano (38, 23 y 32 % superior a otoño, invierno y primavera; Cuadro 5) parece asociada con la mayor temperatura promedio del verano que superó en 1.1, 4.9 y 5.9 °C a los promedios de primavera, otoño e invierno, respectivamente (Cuadro 1). De acuerdo con McKenzie *et al.* (1999), la temperatura ejerce una influencia importante en la aparición de las hojas y en la velocidad de crecimiento de la planta. Además, en primavera ocurrió formación de espigas, etapa fenológica en la que se inhibe la formación de primordios de hojas y su crecimiento, así

como el crecimiento de las yemas de los tallos; es decir, los fotoasimilados producidos por las hojas se dirigen principalmente a la formación de espigas, y la aparición de hojas se interrumpe temporalmente (Muslera y Ratera, 1991; Fairey y Hampton, 1998). La menor tasa de aparición de hojas observada en otoño e invierno puede estar relacionada con las bajas temperaturas y con la menor radiación global que ocurrieron en esas estaciones (Cuadro 1).

Fue evidente que la dinámica de la pradera en términos de su capacidad de auto-regeneración vegetativa de tallos y hojas, varió significativamente con las estaciones del año y con las prácticas de manejo, principalmente al afectar la tasa de aparición de tallos, como también propusieron Hodgson (1990) y Matthew *et al.* (2001).

CONCLUSIONES

Aunque no hubo diferencias entre frecuencias de corte en la tasa de aparición de hojas, la mayor acumulación de biomasa de hojas por unidad de superficie, ocurrió con cortes cada cuatro semanas en comparación con los de cada dos y seis semanas, porque en la mejor frecuencia se combinó una densidad relativamente alta de tallos con un tamaño intermedio de los mismos, lo que permitió obtener la máxima tasa neta de aparición de nuevos tallos (tasa de aparición – tasa de muerte) y por tanto la mayor cantidad de hojas por unidad de superficie. La densidad de tallos del ballico perenne varió con la estación del año, con incrementos mayores en invierno y en verano. Las mayores tasas de aparición de tallos se registraron en verano e invierno, pues duplicaron los valores de otoño y primavera. En promedio anual, los cortes realizados cada dos y cuatro semanas superaron al corte de cada seis semanas en la tasa de aparición de tallos, pero en tasa de muerte de tallos no hubo diferencias entre frecuencias de corte, sino sólo en otoño. Entre estaciones, la mayor tasa de aparición de hojas se registró en verano; las otras estaciones fueron similares entre sí, en promedio de frecuencias de corte.

BIBLIOGRAFÍA

- Colvill K E, C Marshall (1984) Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. *Ann. Appl. Biol.* 104:543-557.
- Chapman D F, G Lemaire (1993) Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In: Proc. XVII Internatl. Grassland Congress. New Zealand and Australia.* pp:95-104.
- Fairey D T, J G Hampton (1998) Temperate forage seeds: An Introduction. *In: Forage Seed Production. Temperate Species.* D T Fairey, J G Hampton (eds). CAB International Publishing. Oxford University Press. North Carolina, USA. pp:1-7.

- García E (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Gautier H, C Varlet-Grancher, L Hazard (1999)** Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Ann. Bot.* 83:423-429.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1993)** Spring grazing management and tiller dynamics in a ryegrass/white clover pasture. *In: Proc. New Zealand J. Grassland Association Wairarapa, New Zealand.* pp:133-136.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1997)** Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand J. Agric. Res.* 40:37-50.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1999)** Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass For. Sci.* 54:347-356.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (2000)** The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass For. Sci.* 5:372-376.
- Hodgson J (1990)** Grazing Management. Science into Practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hodgson J (1996)** Control del consumo de hierba. *In: Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos Selectos en Sistemas Sustentables de Producción Animal Bajo Pastoreo.* Fac. Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. pp:41-54.
- Hodgson J, I M Brookes (1999)** Nutrition of grazing animals. *In: New Zealand Pasture and Crop Science.* J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z.. Oxford University Press. 323 p.
- Korte C J, W Harris (1987)** Stolon development in grazed 'Grassland Nui' perennial ryegrass. *New Zealand J. Agric. Res.* 30:139-148.
- Lemaire G (2001)** Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant populations in grazed swards. *In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress.* Brazilian Soc. Animal Husbandry. Sao Paulo - Brazil. pp:29-37.
- Matthew C, C K Black, B M Butler (1993)** Tiller dynamics of perennialization in three herbage grasses. *In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress.* New Zealand and Australia. pp:141-143.
- Matthew C, A Hernández-Garay, J Hodgson (1996)** Making sense of the link between tiller density and pasture production. *In: Proc. New Zealand J. Grassland Assoc. Wairarapa, New Zealand.* pp:83-88.
- Matthew C, S G Assuero, C K Black, N R Sackville H (2000)** Tiller dynamics of grazed swards. *In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology.* G Lemaire, J Hodgson, A de Moraes, C Nabinger, P C de F Carvalho (eds). CAB International Wallingford Oxon OX10 8DE, U.K. pp:127-150.
- Matthew C, A Hernández-Garay, J Hodgson (2000)** Late control spring grazing management of perennial ryegrass swards: effect on sward structure and botanical composition. *In: Agron. New Zealand* 30:121-128.
- Matthew C, E N Van Loo, E R Thom, L A Dawson, D A Care (2001)** Understanding shoot and root development. *In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress.* Brazilian Soc. Animal Husbandry. Sao Paulo, Sao Paulo - Brazil. pp:19-27.
- Mazzanti A, G Lemaire, F Gastel (1994)** The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass For. Sci.* 49:111-120.
- McKenzie B A, P D Kemp, D J Moot, C Matthew, R J Lucas (1999)** Environmental effects on plant growth and development. *In: New Zealand Pasture and Crop Science.* J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z. Oxford University Press. 323 p.
- Muslera P E, G C Ratera (1991)** Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2a ed. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 670 p.
- Nelson C J, K M Zarroug (1981)** Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. *In: Plant Physiology and Herbage Production.* C E Wright (ed). Occasional Symposium, British Grassland Society, Hurley. pp:25-29.
- Ortiz S C (1997)** Colección de Monolitos. Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 17 p.
- Roggero P P A, M Franca Sitzia, S Caredda (1993)** Canopy structure and forage production of *Lolium rigidum* Gaudin as influenced by the frequency of defoliation. *In: Proc. XVII Internatl. Grassland Congress.* New Zealand and Australia. pp:168-170.
- SAS Institute (1990)** SAS/STAT. Guide for Personal Computers. Versión 6. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 890 p.
- Velasco-Zebadúa M E, A Hernández-Garay, V A González-Hernández (2005)** Rendimiento y calidad del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc. Pecu. Méx.* 43:247-258.
- Volencic J J, C J Nelson (1983)** Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. *Crop Sci.* 23:720-724.