

## Manejo de la defoliación de mijo perenne (*Panicum coloratum* L. var *coloratum*) cv Verde

### Defoliation management of kleingrass (*Panicum coloratum* L. var *coloratum*) cv Verde

Ferri CM, VV Jouve, AM Sáenz

**Resumen.** El manejo del intervalo de defoliación determina la acumulación de biomasa aérea y subterránea, la estructura y el valor nutritivo de las pasturas. Se realizaron dos experimentos de defoliación con *Panicum coloratum* durante el período setiembre-marzo, uno en macetas y condiciones de invernáculo y otro en parcelas a campo, durante tres estaciones de crecimiento (EC). Los estudios se efectuaron en el Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía, La Pampa, Argentina, (36° 46' S; 64° 16' O). Los tratamientos fueron cuatro intervalos de corte (IC; 3, 4, 6 y 8 semanas). En invernáculo se determinaron las tasas de acumulación de lámina viva (TAL) y de aparición (TAM) y muerte (TMM) de macollas, longitud de lámina viva (LL) y materia seca (MS) aérea y subterránea acumulada. A campo se determinaron altura, peso y densidad de macollas, proteína bruta (PB) y MS aérea acumulada. La TAL y TAM fueron 1,28 (0,1024 vs 0,0798 cm/macolla/°Cd; P<0,01) y 1,92 (0,0133 vs 0,0069 macollas/°Cd; P<0,01) veces mayor en los IC de 3 y 4 vs 6 y 8 semanas, respectivamente. La TMM fue 1,38 (0,0087 vs 0,0063 macollas/°Cd; P<0,01) veces mayor en el IC de 8 vs 3, 4 y 6 semanas. Incrementos en IC determinaron una disminución (P<0,05) en LL y aumentos (P<0,05) en la MS aérea y subterránea acumuladas. En condiciones de campo, la variación en la MS aérea acumulada y altura de macollas a través de las EC fue diferente entre IC (interacción EC × IC; P<0,05). El peso de las macollas se incrementó (P<0,05) con el IC y la densidad de macollas no difirió (P=0,13) entre IC. La PB varió (P<0,001) entre 11,4% y 7,1%, con aumentos en el IC, y se relacionó ( $r = -0,89$ ; P<0,01) con la MS acumulada. Además, la MS acumulada se relacionó con el peso ( $r = 0,81$ ; P<0,001) y la altura ( $r = 0,79$ ; P<0,001), pero no con la densidad ( $r = 0,05$ ; P=0,73) de macollas. Las variaciones encontradas en la estructura de la planta expresarían la capacidad compensatoria y de autorregulación del índice de área foliar del mijo perenne, en respuesta a la defoliación. Sin embargo, los cambios estructurales de la especie fueron de menor magnitud bajo condiciones de campo.

**Palabras clave:** Gramínea de crecimiento estival; Frecuencia de corte; Lámina viva; Macollaje; Acumulación de materia seca.

**Abstract.** The defoliation frequency determines above and below ground biomass accumulation, pasture structure and nutritive value. Two defoliation experiments with *Panicum coloratum* were performed, from September to March. One of them was conducted in pots under greenhouse conditions, and the other one in field plots for three growing seasons (EC) at the Faculty of Agronomy, La Pampa, Argentina (36° 46' S; 64° 16' W). Defoliation frequency treatments were four cutting intervals (IC; 3, 4, 6 and 8 weeks). In greenhouse experiment, live leaf blade accumulation rates (TAL), tiller appearance (TAM) and death (TMM) rates, live leaf blade length (LL) and above and below ground dry matter (MS) accumulation were determined. In field plots tiller height, weight and tiller, crude protein (PB) and dry matter accumulation were determined. TAL and the TAM were 1.28 (0.1024 vs 0.0798 cm/tiller/°Cd; P<0.01) and 1.92 (0.0133 vs 0.0069 tillers/°Cd; P<0.01) times higher in the IC 3 and 4 vs 6 and 8 weeks, respectively. The TMM was 1.38 (0.0087 vs 0.0063 tillers/°Cd; P<0.01) times higher in the IC 8 vs 3, 4 and 6 weeks. Increased IC resulted in a decrease (P<0.05) in LL and increases (P<0.05) in above and belowground MS accumulation. Under field conditions, MS accumulation and tillers height over the growing seasons differed among IC (EC × IC interaction; P<0.05). Tiller weight increased (P<0.05) with higher IC and tiller density did not differ (P=0.13) among IC. The PB values ranged from 11.4% to 7.1% (P<0.001) with increasing IC and they were related ( $r = -0.89$ ; P<0.01) with MS accumulation. In addition, the last one was related to tiller weight ( $r = 0.81$ ; P<0.001) and tiller height ( $r = 0.79$ ; P<0.001) but not with tiller density ( $r = 0.05$ ; P=0.73). The variations found in plant structure would indicate a compensatory capacity of kleingrass and self-regulation of leaf area index in response to defoliation. However, these responses were smaller in magnitude under in field than under greenhouse conditions.

**Keywords:** Warm-season grass; Cutting frequency; Live leaf blade; Tillering; Dry matter accumulation.

## INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales de la región Pampeana semiárida central (RPSC) de Argentina están compuestos por especies de crecimiento invernal (especies C3) y estival (especies C4), con un marcado predominio de las primeras en el bosque de caldén (SAyDS, 2006). En regiones templadas, las gramíneas C4 cultivadas, pueden proveer forraje en cantidades elevadas y de calidad adecuada durante el semestre cálido. Estas especies, son particularmente importantes durante los períodos con sequía (Tracy et al., 2010), dado que toleran el estrés hídrico (Ruiz et al., 2008) y poseen un valor nutritivo suficiente para cubrir los requerimientos en los sistemas de cría de la región, al inicio de la estación primaveral (Stritzler et al., 1996). Además, poseen un sistema radical amplio y profundo que contribuye a la formación de la reserva de carbono orgánico en el suelo (Jobbágy y Jackson, 2000).

*Panicum coloratum* L. (n.c., mijo perenne) es una gramínea C4 perenne, nativa del sureste de África, con una amplia diversidad genética (Lloyd y Thompson, 1978), aunque solo una pequeña parte de esta diversidad se adapta a la RPSC. La variedad *coloratum*, introducida desde Estados Unidos, demostró una apropiada adaptación al ambiente de la región (Stritzler et al., 1996), caracterizada por bajas temperaturas invernales (Cano, 1980). En la actualidad, los cultivares difundidos en el país son Selection 75 (o Kleingrass 75) y Verde. Este último fue comparado con pasto llorón [*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees] cv Tanganyka], especie C4 con amplia difusión en la región. Los resultados de evaluaciones agronómicas (Stritzler et al., 1996), de cafetería (Rabotnikof et al., 2005), y de ensayos con animales en confinamiento (Ferri et al., 1998) y en pastoreo (Ferri et al., 2011) destacan a este cultivar respecto a su producción y calidad nutricional. Sin embargo, son escasos los estudios, en particular los locales, donde se evalúe la respuesta de la especie a la defoliación. Los efectos de esta última sobre las plantas dependen de sus propias características morfológicas y fisiológicas y de su adaptación a los factores ambientales locales.

El manejo del intervalo de la defoliación determina el nivel de acumulación de biomasa aérea y, en consecuencia, el ambiente lumínico del interior de la cobertura vegetal, y la relación entre pared y contenido celular en la biomasa. Las características estructurales de la pastura (densidad poblacional, tamaño de los individuos, proporción de láminas foliares) son sensibles a este ambiente lumínico (Lemaire y Agnusdei, 2000) y, en consecuencia, se modifican en respuesta a la biomasa acumulada. De la misma manera, la concentración de nitrógeno en la materia seca se modifica con cambios en la proporción del contenido celular (Greenwood et al., 1990) durante el crecimiento de la planta.

La defoliación, además, puede afectar la acumulación de biomasa subterránea, lo cual se atribuye a una reducción en la asignación de carbono hacia el sistema radical (Holland

y Detling, 1990). Esto último podría interpretarse como un mecanismo de tolerancia a la defoliación (Briske, 1991), donde la reducción en el crecimiento de las raíces de las plantas defoliadas permitiría una mayor asignación de carbono a la parte aérea para recuperar área foliar (Richards, 1984). El conocimiento de los efectos de la defoliación sobre el sistema radical resulta esencial para efectuar un manejo que garantice la persistencia y la producción, en un ambiente donde la disponibilidad hídrica y de nutrientes es limitante.

Los objetivos fueron evaluar el efecto del intervalo de corte (IC) sobre, (1) la tasa de acumulación de lámina viva y de aparición y muerte de macollas, (2) la longitud de lámina viva y la materia seca aérea y subterránea acumulada, (3) el tamaño (altura y peso) y la densidad de macollas, y (4) la concentración de proteína bruta en la materia seca de mijo perenne (*Panicum coloratum* L. var. *coloratum*) cv. Verde.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en el Campo de Enseñanza y Producción de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, La Pampa, Argentina (36° 46' S; 64° 16' O; 210 m.s.n.m.).

El Experimento 1 se efectuó en invernáculo sobre 40 plantas desarrolladas durante siete meses, a partir de macollas de individuos recolectados a campo. Este trabajo se efectuó en macetas de PVC (11 × 50 cm; 25 plantas/m<sup>2</sup>), rellenas con suelo Haplustol éntico (MO = 1,8%; P = 32,6 ppm; pH = 6,4). Se aplicó riego con frecuencia variable (2-4 veces por semana) para mantener el suelo en capacidad de campo. Los tratamientos, implementados al azar con 10 repeticiones, incluyeron cuatro intervalos de corte (IC) de 3, 4, 6 y 8 semanas, que correspondieron a 8, 6, 4 y 3 cortes, respectivamente, durante un periodo experimental de 24 semanas. Las plantas fueron cortadas a 8,0 cm de altura el 15 de octubre (inicio del ensayo) y, en cada una, se marcaron cuatro macollas con anillos de cable. En estas macollas se registraron con regla, la longitud de lámina viva desde la lígula hasta el extremo distal de la lámina o hasta el borde del área senescente (Mazzanti et al., 1994). En cada tratamiento, se estimaron la longitud de lámina viva de cada período entre cortes y la longitud acumulada a partir de cuantificar, respectivamente, la diferencia entre la longitud foliar final e inicial de cada intervalo y la sumatoria de estas diferencias. Además, para determinar la acumulación de macollas vivas y muertas, al inicio del experimento se marcaron todas las macollas vivas existentes en cada maceta, con anillos de plástico de un mismo color. Luego, cada mes, las macollas nuevas se marcaron con anillos de diferente color y se contaron las macollas muertas marcadas en forma previa. Se calculó la materia seca (MS) aérea acumulada, por tratamiento y repetición, a partir de la sumatoria de la MS cosechada en cada uno de los cortes. Al finalizar el periodo experimental, la base de las macollas (desde el nivel del suelo hasta 8 cm de

altura) se separó de las raíces, que fueron lavadas y secadas. Estas últimas, de igual manera que la parte aérea, se secaron en estufa a 55 °C hasta peso constante.

La temperatura del aire en el invernáculo se registró cada 30 minutos, con data logger, en abrigo meteorológico posicionado a la altura de las plantas. La sumatoria de los grados día del período de crecimiento, a partir del 15 de octubre, se calculó como:

$$GD = \sum_{i=1}^n (Tm - Tb), \text{ donde si } Tm < Tb, \text{ entonces } Tm - Tb = 0$$

donde: Tm es la temperatura media diaria, Tb es la temperatura base (10 °C) y n es el número de días desde el 15 de octubre. La temperatura base de 10 °C fue utilizada por varios autores en trabajos con gramíneas perennes de crecimiento estival (Sanderson y Moore, 1999; Mitchell et al., 2001).

El Experimento 2 se realizó a campo durante tres estacionamientos de crecimiento (EC; 2009/10, 2010/11 y 2011/12), desde octubre a marzo, en una pastura implantada sobre un suelo Haplustol éntico (MO = 2,3%; P = 8,4 ppm; pH = 6,3). Las lluvias y temperaturas medias mensuales durante los períodos experimentales y promedios de largo plazo (Tabla 1), se obtuvieron del Observatorio Agrometeorológico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, ubicado a 1,5 km del sitio experimental (Vergara y Casagrande, 2012).

Los tratamientos consistieron en cuatro IC (3, 4, 6 y 8 semanas) distribuidos en parcelas de 2,0 × 7,0 m, en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones. La MS acumulada se evaluó mediante la cosecha mecánica de una franja de 0,5 × 6,0 m a una altura de 8,0 cm. En cada corte, una submuestra de 200 g por parcela se secó en estufa (55 °C) hasta peso constante y se molió para determinar el porcentaje de nitrógeno, mediante el procedimiento semi-micro Kjeldahl. La altura de macollas se midió antes de cada corte, desde la base de la plan-

ta hasta el extremo extendido de la hoja expandida más joven, sobre 10 macollas por parcela tomadas al azar. Otras 10 macollas se cortaron a nivel del suelo, para determinar su peso, se secaron y pesaron. Para determinar la densidad de macollas, al inicio de cada estación de crecimiento en cada parcela, se fijó a nivel del suelo y al azar un aro de 11 cm de diámetro. Todas las macollas vivas existentes en cada aro se marcaron con anillos de plástico de un mismo color y, luego, se procedió de igual forma que en el experimento 1. La densidad final de macollas se calculó mediante la suma de las macollas que aparecieron el último mes, y las sobrevivientes marcadas en meses anteriores. La proteína bruta (PB = nitrógeno × 6,25), correspondiente a cada tratamiento, repetición y cosecha, fue ponderada por la MS acumulada en cada cosecha, para reflejar la contribución de éstas en la temporada de crecimiento.

**Análisis estadísticos.** Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2008). Para determinar las tasas de acumulación de longitud de lámina viva por macolla y de acumulación de macollas vivas y muertas por planta (cm/GD o macollas/GD = pendiente de la relación) se realizaron regresiones lineales simples entre la longitud acumulada de lámina viva por macolla y macollas por planta con grados días (GD base 10 °C), utilizando variables dummy para establecer diferencias entre IC. Al mismo tiempo, se probaron los supuestos (*i.e.*, normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos) involucrados en la construcción de los modelos. Los datos de materia seca aérea y subterránea y longitud de lámina viva acumulada, densidad, peso y altura de macollas, fueron analizados por ANOVA; la comparación de medias con prueba LSD ( $\alpha=0,05$ ) y la asociación entre variables mediante análisis de correlación de Pearson. Se usó el número inicial de macollas/planta como covariable de la materia seca aérea y subterránea acumulada y de la densidad final de macollas. La homogeneidad y norma-

**Tabla 1.** Lluvias y temperaturas medias mensuales durante los períodos experimentales y promedios históricos en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

**Table 1.** Rains and monthly mean temperatures during the experimental periods and historical averages in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Mes	Lluvias mensuales				Temperatura media mensual			
	2009/10	2010/11	2011/12	Prom. <sup>1</sup>	2009/10	2010/11	2011/12	Prom. <sup>1</sup>
	----- (mm) -----				----- (°C) -----			
Oct	8,0	58,9	62,3	77,9	15,9	15,3	15,3	13,8
Nov	72,4	36,0	126,1	84,5	18,7	19,0	21,3	16,4
Dic	100,3	19,5	42,1	103,4	20,9	23,1	23,0	19,1
Ene	66,9	170,8	88,1	95,7	24,4	22,5	26,2	23,0
Feb	143,3	47,0	178,8	78,3	21,6	21,6	22,9	21,9
Mar	231,6	70,2	69,3	95,8	20,6	19,6	20,3	19,4
Total	622,5	402,4	566,7	535,6				

<sup>1</sup>Promedio de 25 años

lidad de la varianza fueron probadas mediante las pruebas de Levene (Levene, 1960) y Shapiro Wilks (Shapiro et al., 1968), respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Experimento 1.** En invernáculo, la tasa de acumulación de lámina viva por macolla en los IC de 3 y 4 semanas superó en 1,28 veces (0,1024 vs 0,0798 cm/GD;  $R^2 = 0,96$ ;  $P < 0,01$ ; Fig. 1) a la de 6 y 8 semanas. La tasa de acumulación de macollas vivas por planta fue 1,92 veces mayor (0,0133 vs 0,0069 macollas/GD;  $R^2 = 0,95$ ;  $P < 0,01$ ; Fig. 2a) en los IC de 3 y 4 semanas vs 6 y 8 semanas. La tasa de mortalidad de macollas fue 1,38 veces mayor (0,0087 vs 0,0063 macollas/GD;  $R^2 = 0,90$ ;  $P < 0,01$ ; Fig. 2b) en el IC de 8 semanas vs 3, 4 y 6 semanas. La disminución en la frecuencia de la defoliación (IC mayores) determinó una disminución ( $P < 0,05$ ; Fig. 3) en la longitud de lámina viva acumulada por macolla y aumentos ( $P < 0,05$ ; Fig. 4) en la MS aérea y subterránea acumulada por planta.

La disminución en la tasa de acumulación de lámina viva por macolla, en los IC más prolongados, podría ser explicada por incrementos en la tasa de senescencia foliar y por disminuciones tanto en la tasa de aparición de hojas como en la tasa de elongación foliar. En un trabajo previo, realizado en *P. coloratum*, la amplitud máxima entre la longitud acumulada de lámina viva en relación con la acumulada de lámina senescente se obtuvo entre los 600–665 GD, para luego decrecer rápidamente debido al aumento exponencial de esta última (Ferri et al., 2006). Asimismo, esta disminución en la tasa de acumulación de lámina viva al disminuir la frecuencia, podría estar explicada por el inicio del estado reproductivo, que reduciría la tasa de aparición de hojas (Duru y Ducrocq, 2002; Ferri et

al., 2006) y de elongación foliar (Van Esbroeck et al., 1997). Además, la defoliación frecuente favorecería la elongación foliar, mejorando el crecimiento longitudinal en relación con el ancho y espesor de la lámina (Schnyder y de Visser, 1999).

El número de macollas vivas acumuladas por planta sería el resultado del balance entre la persistencia de las macollas iniciales, la aparición de nuevas macollas en cada una de las cohortes durante el periodo experimental y la muerte de las mismas. Los IC afectaron el reclutamiento y la supervivencia de macollas, demostrando que *P. coloratum* responde a la defoliación modificando tanto la tasa de aparición como de mortalidad de macollas. Esta respuesta derivaría del efecto que ejerce el IC sobre la biomasa acumulada y, en consecuencia, sobre el ambiente lumínico al que se exponen las macollas (Casal et al., 1985). Además, la defoliación frecuente podría estimular el macollaje al reducir el efecto de la dominancia apical; es decir, el proceso fisiológico por el cual meristemas apicales de macollas elongadas ejercen una regulación hormonal sobre el crecimiento de yemas axilares, lo cual inhibe el desarrollo de macollas vegetativas (McSteen, 2009). Estos resultados indicarían que la estimulación del proceso del macollaje, mediante la defoliación frecuente, podría incrementar la densidad de macollas en la pastura de *P. coloratum* y, además, la calidad nutricional del forraje. El incremento en la tasa de mortalidad de macollas, con IC más prolongados, se explicaría por el efecto directo del autosombreo (Hernández Garay et al., 1993) o bien por la decapitación de meristemas apicales como consecuencia de su elevación por la elongación de los entrenudos del tallo (Lemaire, 2001).

Sin embargo, el aumento en la tasa de acumulación de longitud de lámina viva por macolla y en la densidad de macollas, en respuesta a defoliaciones más frecuentes, no compensó la

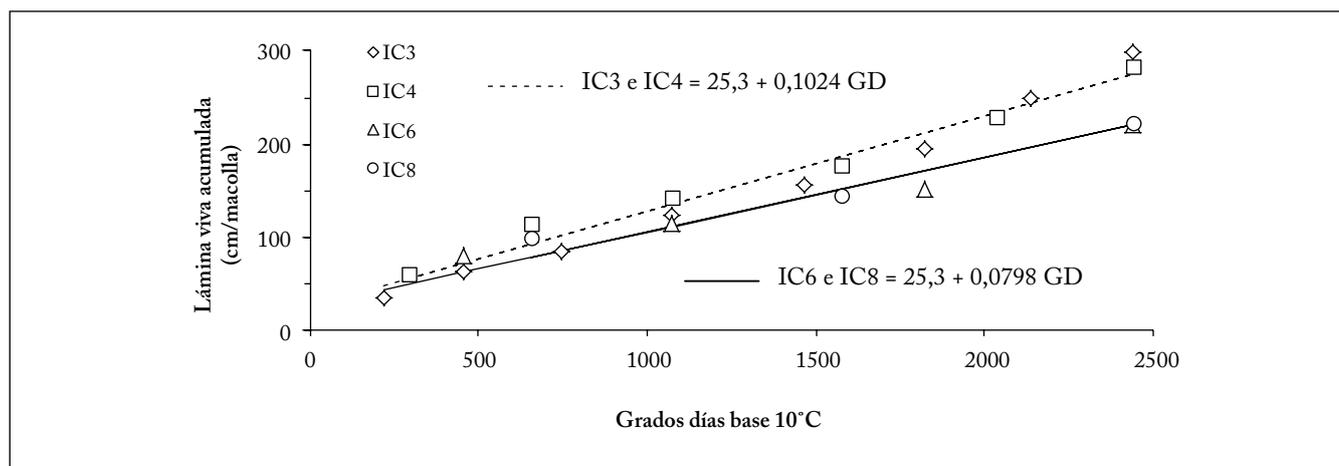
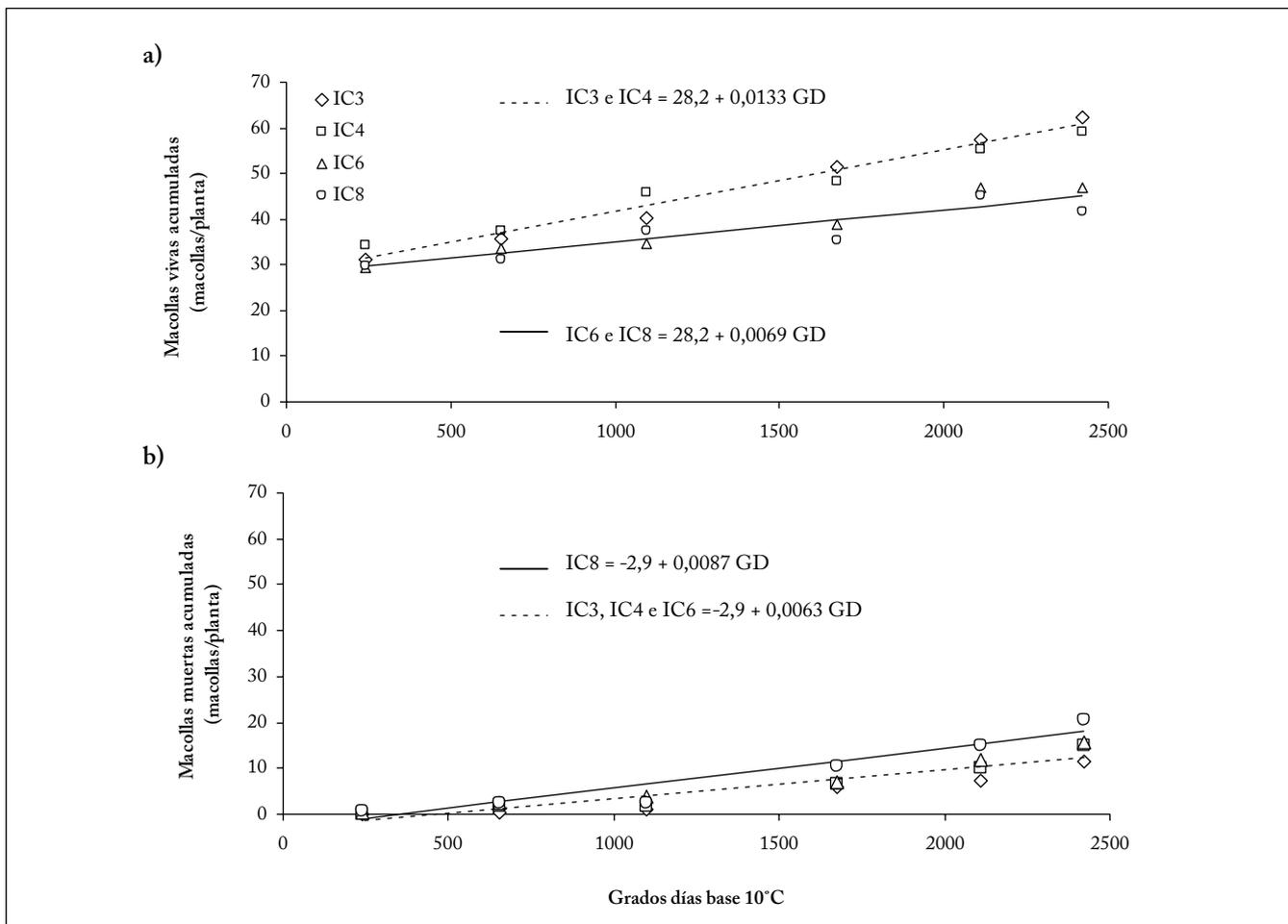


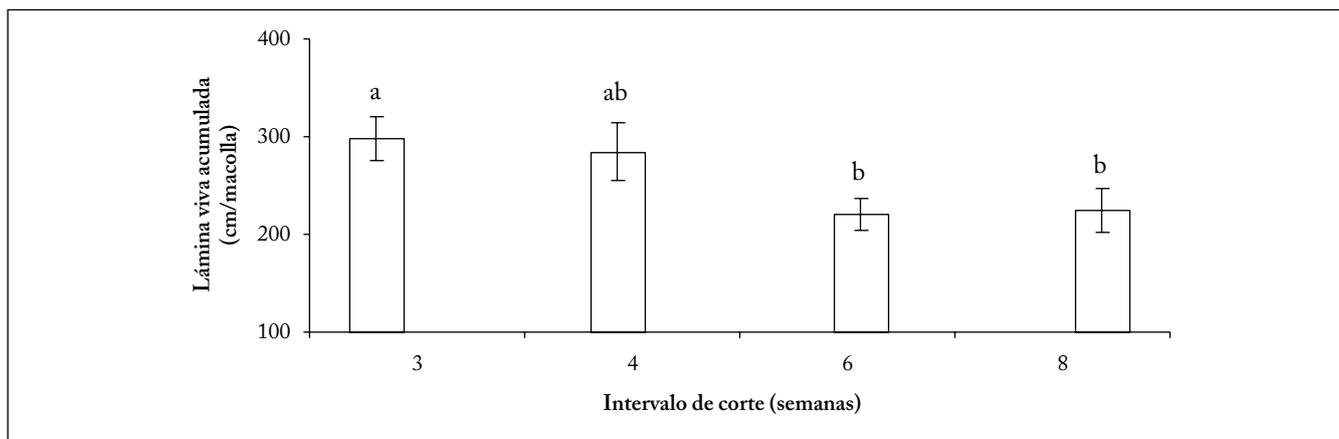
Fig. 1. Longitud de lámina viva acumulada en macollas de *Panicum coloratum* cv. Verde con relación a los grados días (base 10 °C) acumulados desde el 15/10/2009, en diferentes intervalos de corte (IC; 3, 4, 6 y 8 semanas).

Fig. 1. Accumulated live leaf blade length in *Panicum coloratum* L. cv. Verde tillers related to the degree days (base 10 °C) accumulated from 15/10/2009, under different cutting intervals (IC; 3, 4, 6 and 8 weeks).



**Fig. 2.** (a) Macollas vivas, y (b) macollas muertas acumuladas en plantas de *Panicum coloratum* cv. Verde con relación a los grados días (base 10 °C) acumulados desde el 15/10/2009, en diferentes intervalos de corte (IC; 3, 4, 6 y 8 semanas).

**Fig. 2.** (a) Accumulated live tillers, and (b) accumulated dead tillers in *Panicum coloratum* L. cv. Verde plant related to the degree days (base 10 °C) accumulated from 15/10/2009, under different cutting intervals (IC; 3, 4, 6 and 8 weeks).



**Fig. 3.** Longitud de lámina viva acumulada en macollas de *Panicum coloratum* L. cv. Verde en diferentes intervalos de corte. Las barras verticales representan un error estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre intervalos de corte de acuerdo al test LSD.

**Fig. 3.** Accumulated live leaf blade length in *Panicum coloratum* L. cv. Verde tillers in different cutting intervals. Vertical bars represent 1 S.E. of the mean. Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between cutting intervals according to the LSD test.

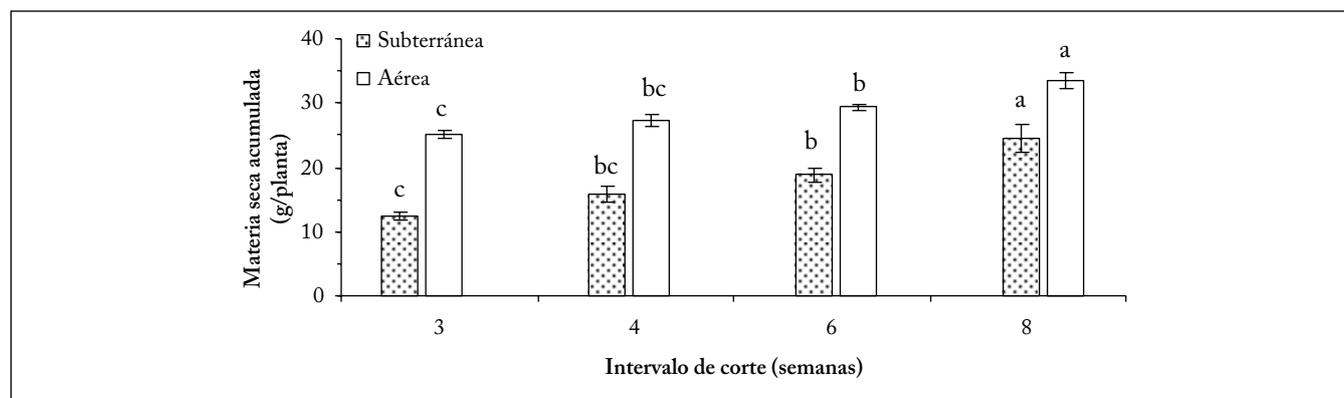


Fig. 4. Materia seca aérea y subterránea acumulada en plantas de *Panicum coloratum* L. cv. Verde en diferentes intervalos de corte. Las barras verticales representan un error estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre intervalos de corte de acuerdo al test LSD.

Fig. 4. Accumulated aerial and belowground dry matter in *Panicum coloratum* L. cv. Verde plants in different cutting interval. Vertical bars represent 1 S.E. of the mean. Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between cutting interval according to the LSD test.

acumulación de MS lograda con una cantidad menor de macollas, seguramente con un estado de desarrollo más avanzado y mayor concentración de biomasa estructural.

Por otro lado, la MS subterránea acumulada por planta, en forma similar a lo informado por otros autores (Mousel et al., 2005), se redujo con defoliaciones frecuentes. Luego de un evento de defoliación, el carbono es asignado en su mayoría a la producción de tejido foliar (Briske y Richards, 1995), afectando el crecimiento radical. En plantas de grama azul defoliadas (*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths), por ejemplo, se encontró que el 53% del crecimiento correspondió a tejido foliar y sólo el 18% a raíz, comparado con 33% y 29%, respectivamente, en plantas control (Detling et al., 1979). Como consecuencia, los resultados encontrados sugieren que, defoliaciones frecuentes podrían afectar la capacidad exploratoria de las raíces y, así, la extracción de agua en horizontes profundos del suelo. Esto último incrementaría la sensibilidad a la sequía en los ambientes semiáridos y, además, podría disminuir el almacenaje de C orgánico en el suelo.

**Experimento 2.** En condiciones de campo, la variación en la MS aérea acumulada por hectárea y la altura de macollas (Tabla 2) a través de las estaciones de crecimiento fue diferente entre IC (interacción EC  $\times$  IC;  $P < 0,05$ ). La densidad de macollas vivas no difirió ( $P = 0,10$ ) entre IC en ninguna de las EC evaluadas (interacción EC  $\times$  IC;  $P = 0,15$ ; Tabla 2). Los valores promedio de proteína bruta, según la estación de crecimiento (interacción EC  $\times$  IC;  $P < 0,001$ ), variaron desde 7,1% hasta 11,4% con la disminución en el IC (Fig. 5), y se relacionaron negativamente (coeficiente de correlación  $r = -0,89$ ;  $P < 0,01$ ) con la MS acumulada. Además, la MS acumulada se relacionó con el peso ( $r = 0,81$ ;  $P < 0,001$ ) y la altura ( $r = 0,79$ ;  $P < 0,001$ ) de macollas, pero no con la densidad de macollas ( $r = 0,05$ ;  $P = 0,73$ ).

El efecto del IC sobre la MS acumulada interaccionó con la estación de crecimiento, probablemente, asociado con la distribución y la cantidad de precipitaciones en cada una de ellas. Las lluvias acumuladas (octubre a marzo) fueron 1,16; 0,75 y 1,06 veces el promedio histórico, para las respectivas EC. Las temperaturas medias mensuales se situaron entre  $-0,5$  y  $4,9$  °C con respecto al promedio histórico, registrándose las diferencias más amplias en el primer trimestre (octubre a diciembre) de evaluación (Tabla 1). La lluvia acumulada fue inferior en la segunda estación de crecimiento evaluada; en esta estación, se registraron lluvias durante el mes de enero que superaron el 40% de la acumulada durante todo el periodo de evaluación. En consecuencia, las lluvias abundantes durante el periodo en que se maximizan la evaporación y las temperaturas (Vergara y Casagrande, 2012) habrían favorecido el crecimiento, en particular, en los IC más prolongados (Tabla 2).

La relación existente entre intervalos de corte y MS acumulada fue estudiada por varios autores, tanto en especies de gramíneas de crecimiento invernal (Callow et al., 2005; Turner et al., 2006) como estival (Fulkerson et al., 1999). En todos estos estudios se observó que incrementos en el lapso de tiempo transcurrido entre defoliaciones se correspondieron con aumentos en la MS acumulada. En el presente trabajo, los IC más prolongados determinaron incrementos en la MS acumulada y en el tamaño (peso y altura) de las macollas. Esto último se relacionaría con la extensión del periodo de crecimiento y/o la expresión del estado reproductivo. En la medida que las macollas permanecen sin ser defoliadas ( $> IC$ ) aumentan su peso al estar más tiempo creciendo. Además, en la medida que la cubierta crece durante más tiempo el nivel de sombreado incrementa respecto de otra con menos tiempo de rebrote, lo cual determinaría la elongación de los entrenudos (*i.e.*, tallo verdadero) de las macollas vegetativas que crecen en la cubierta más sombreada. También, al incrementar el IC las macollas podrían expresar el estado reproductivo, que se caracteriza por una mayor propor-

**Tabla 2.** Materia seca acumulada, altura, peso y densidad final de macollas en *Panicum coloratum* L., expuesto a diferentes intervalos de corte (IC; en semanas) durante tres estaciones de crecimiento (EC).

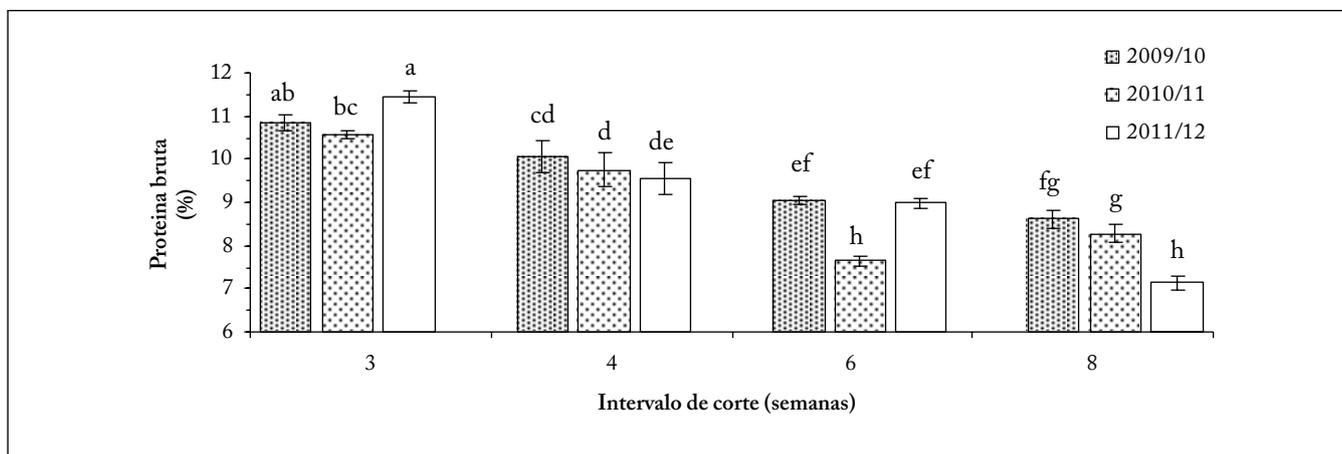
**Table 2.** Accumulated dry matter, tiller height, tiller weight and final tiller density of *Panicum coloratum* L., subjected to different cutting intervals (IC; in weeks) during three growing seasons (EC).

IC	Materia seca acumulada <sup>1</sup>			Altura <sup>1</sup>			Peso <sup>2</sup>	Densidad <sup>2</sup>
	2009/10	2010/11	2011/12	2009/10	2010/11	2011/12	-- (g/macolla) --	(macollas/m <sup>2</sup> )
	--- (t/ha) ---			--- (cm) ---				
3	2,21 c	1,95 d	2,07 c	15,0 d	19,1 d	16,7 d	0,136 d	6737 a
4	2,38 bc	2,80 c	3,00 b	19,5 c	23,2 c	23,0 c	0,209 c	6034 a
6	2,52 b	3,12 b	2,91 b	22,6 b	31,4 b	30,3 b	0,274 b	6123 a
8	2,93 a	3,44 a	3,31 a	32,1 a	35,0 a	34,0 a	0,374 a	5429 a
Media:	2,51	2,83	2,82	22,3	27,2	26,0	0,248	6081
EE:	0,06			1,47			0,03	349

<sup>1</sup> Interacción EC × IC significativa (P<0,05). <sup>2</sup> Interacción EC × IC no significativa (P>0,10).

Medias con igual letra en la misma columna no difieren (P>0,05).

EE, error estándar.



**Fig. 5.** Proteína bruta de *Panicum coloratum* L. cv. Verde, expuesto a diferentes intervalos de corte, durante tres estaciones de crecimiento. Las barras verticales representan un error estándar de la media.

**Fig. 5.** Crude protein of *Panicum coloratum* L. cv. Verde, subjected to different cutting intervals, during three growing seasons. Vertical bars represent 1 S.E. of the mean.

ción de tallo verdadero (más pesado que la hoja) en su biomasa. Estos aspectos mencionados, probablemente hayan actuado en conjunto en el presente trabajo, determinando individuos más pesados en pasturas defoliadas a mayores IC. Mientras que, a diferencia de la respuesta encontrada en invernáculo, la repoblación de macollas no fue promovida por el acortamiento en los IC. Esto podría ser consecuencia del efecto de las restricciones del ambiente semiárido, como es el estrés hídrico, sobre la expresión de las variables morfogénicas y estructurales. En este sentido, se sugiere que una respuesta potencial elevada, en una característica estructural determinada, podría ser deprimida por la limitación en los recursos o estrés ambiental (Van Kleunen y Fischer, 2005).

La defoliación infrecuente tiende a deprimir el valor nutritivo del forraje al incrementar la concentración de la fibra, mientras reduce la digestibilidad (Agnusdei et al., 2011) y la concentración de PB. En el presente trabajo, los porcentajes promedios de PB durante la estación de crecimiento en todos los IC superaron el valor umbral de 7%, por debajo del cual se limitaría el consumo en rumiantes (Hennessy, 1980). Los animales responden a niveles más elevados de PB en el forraje que los mencionados, pero el consumo *per se*, controlado por el metabolismo del N de los microorganismos presentes en el rumen, requiere de un mínimo de 6–8% de PB para evitar su depresión. Varios autores, indicaron que el mantenimiento de la calidad nutricional durante el verano es una característica

destacable de mijo perenne (Rouquette et al., 1974). Stritzler (2008) observó que, el porcentaje de PB de esta especie durante el verano puede superar al del pasto llorón en tres unidades porcentuales.

El intervalo de defoliación es una de las variables, de manejo del pastoreo, que se puede controlar en forma efectiva dentro de un sistema de pastoreo rotativo; determina la cantidad y calidad del forraje ofrecido y, eventualmente, la persistencia de la pastura. Además, el intervalo junto con la intensidad de la defoliación definen la eficiencia de pastoreo (Fulkerson y Slack, 1994). Teniendo en consideración la morfología de las gramíneas C4 y las diferencias en el valor nutritivo entre las láminas y los tallos (Ferri, 2011), las prácticas de manejo deberían orientarse a optimizar la relación lámina/tallo y prevenir la acumulación de tallo. El acortamiento en los IC permitiría incrementar la oferta de lámina viva ( $IC3 > IC6$  e  $IC8$ ;  $P < 0,05$ ) y la concentración proteica en la MS (dentro de cada año,  $IC3 > IC4 > IC6 > IC8$ , excepto durante 2010/11 donde  $IC6 < IC8$ ; interacción  $EC \times IC$ ;  $P < 0,001$ ) a expensas de disminuir la acumulación de MS aérea y subterránea.

Para establecer el intervalo de defoliación se utilizan varios criterios. El empleo de períodos de tiempo fijos, tal como el utilizado en el presente trabajo, desatiende las variaciones en la tasa de crecimiento debidas a las fluctuaciones ambientales (Mayne et al., 2000). Esto lo transformaría en un criterio poco confiable para regiones con alta variabilidad climática, como la RPSC. Por otro lado, las variaciones encontradas, en la estructura de la planta, en respuesta al manejo de la defoliación, pondrían de manifiesto la capacidad compensatoria de la especie y de autorregulación del índice de área foliar. Esto alienta la búsqueda de criterios que indiquen el estado de la pastura más adecuado para efectuar una defoliación, que no sólo considere la cantidad y calidad del forraje sino también la persistencia de la pastura, tomando en cuenta el efecto marcado de la defoliación sobre la biomasa radical y, también, el secuestro de C. Como resultado, se requeriría profundizar las investigaciones que contribuyan a generar futuras recomendaciones para el manejo de la especie.

## CONCLUSIONES

El acortamiento en los IC, en ausencia de restricciones hídras, favorecería la repoblación de macollas, disminuiría su tasa de mortalidad e incrementaría la oferta de lámina viva. Sin embargo, deprimiría la acumulación de materia seca aérea y subterránea. Por otra parte, la acumulación de materia seca estaría determinada por el tamaño de las macollas (peso y altura), que a su vez se relacionaría con la expresión del estado reproductivo en los IC más prolongados. Sin embargo, en condiciones de campo y en el ambiente semiárido, el acortamiento de los IC no promovería la repoblación de macollas aunque sí determinaría incrementos en el porcentaje de proteína bruta en la materia seca.

## REFERENCIAS

- Agnusdei, M.G., O.N. Di Marco, F.R. Nanning y M.S. Aello (2011). Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Choris gayana*) as affected by leaf age and length. *Crop and Pasture Science* 62: 1098-1105.
- Briske, D.D. (1991). Developmental morphology and physiology of grasses. En: R.K. Heitschmidt and J.W. Stuth (eds.), pp. 85-108. *Grazing management: An ecological perspective*. Timber Press, Portland, OR.
- Briske, D.D. y J.H. Richards (1995). Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. En: Bedunah D.J. y R.E. Sosebee (eds.), pp. 635-710. *Wildland plants: Physiological ecology and developmental morphology*. Society for Range Management, Denver.
- Callow, M.N., P. Michell, J.E. Baker, P.S. Cocks y G.M. Hough (2005). Response of herbage regrowth and water soluble carbohydrate concentration of ryegrass species to defoliation practices when grown in mediterranean conditions. *Grass and Forage Science* 50: 59-67.
- Cano, E. (1980). Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. INTA, Provincia de La Pampa, UNLPam, 493 p.
- Casal, J.J., V.A. Deregibus y R.A. Sánchez (1985). Variation in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. *Annals of Botany* 56: 553-559.
- Detling, J.K., M.I. Dyer y D.T. Winn (1979). Net photosynthesis, root respiration, and regrowth of *Bouteloua gracilis* following simulated grazing. *Oecologia* 41: 127-134.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Duru, M. y H. Ducrocq (2002). A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Science* 42: 214-223.
- Ferri, C.M. (2011). The seasonal and inter-annual patterns of biomass accumulation and crude protein in kleingrass (*Panicum coloratum*) in the semiarid Pampean region of Argentina. *Ciencia e Investigación Agraria* 38: 191-198.
- Ferri, C.M., M.A. Brizuela y N.P. Stritzler (2011). Pasturas diferidas de mijo perenne y consumo de materia orgánica por ovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal* 31: 29-38.
- Ferri, C.M., M.A. Brizuela, M.S. Cid y N.P. Stritzler (2006). Dinámica de acumulación de láminas foliares y estructura del forraje diferido de *Panicum coloratum* L. *Agricultura Técnica* 66: 376-384.
- Ferri, C.M., V.V. Jouve, N.P. Stritzler y H.J. Petrucci (1998). Estimation of intake and apparent digestibility of kleingrass from *in situ* parameters measured in sheep. *Animal Science* 67: 535-540.
- Fulkerson, W.J. y K. Slack (1994). Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1. Effect of water soluble carbohydrates and senescence. *Grass and Forage Science* 49: 373-377.
- Fulkerson, W.J., K. Slack y E. Havilah (1999). The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grasslands* 33: 138-145.
- Greenwood, D.J., G. Lemaire, G. Gosse, P. Cruz, A. Draycott y J.J. Neeteson (1990). Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66: 425-436.

- Hennessy, D.W. (1980). Protein nutrition of ruminants in tropical areas of Australia. *Tropical Grasslands* 14: 260-265.
- Hernández-Garay, A., J. Hodgson y C. Matthew (1993). Spring grazing management and tiller dynamics in a ryegrass/white clover pasture. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 55: 133-136.
- Holland, E.A. y J.K. Detling (1990). Plant response to herbivory and below-ground nitrogen cycling. *Ecology* 71: 1040-1049.
- Jobbágy, E.G. y R.B. Jackson (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10: 423-436.
- Lemaire, G. (2001). Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. En: International Grassland Congress, pp. 29-37. São Paulo: SBZ.
- Lemaire, G. y M. Agnusdei (2000). Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. En: Lemaire G., J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger y P.C. de F. Carvalho (eds.), pp. 265-287. Grassland ecophysiology and grazing ecology. CAB International.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. En: Olkin I. (ed.), pp. 278-292. Contributions to Probability and Statistics. Stanford Univ. Press, CA.
- Lloyd, D.L. y J. Thompson (1978). Numerical analysis of taxonomic and parent-progeny relationships among Australian selections of *Panicum coloratum*. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences* 35: 35-46.
- Mazzanti, A., G. Lemaire y F. Gastal (1994). The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science* 49: 111-120.
- Mayne, C.S., Wright I. y Fisher G. (2000). Grassland management under grazing and animal responses. En: Hopkins A. (ed.), pp. 247-291. Grass: Its production and utilization, 3<sup>rd</sup> Ed. Blackwell Sci Ltd. Oxford, UK.
- McSteen, P. (2009). Hormonal regulation of branching in grasses. *Plant Physiology* 149: 46-55.
- Mitchell, R., J. Fritz, K. Moore, L. Moser, K. Vogel, D. Redfearn y D. Wester (2001). Predicting forage quality in switchgrass and big bluestem. *Journal of Agronomy* 93: 118-124.
- Mousel, E.M., W.H. Schacht, C.W. Zanner y L.E. Moser (2005). Effects of summer grazing strategies on organic reserves and root characteristics of big bluestem. *Crop Science* 45: 2008-2014.
- Rabotnikof, C.M., C.M. Ferri, N.P. Stritzler y H.J. Petrucci (2005). Selectividad de gramíneas perennes de crecimiento estival por novillos Holando-Argentino. *Revista Argentina de Producción Animal* 25: 27-37.
- Richards, J.H. (1984). Root growth response to defoliation in two *Agropyron* bunchgrasses: Field observations with an improved periscope. *Oecologia* 64: 21-25.
- Rouquette, F.M., E.C. Holt y W.C. Ellis (1974). Nutritive characteristics of kleingrass at various stages of maturity. I. Chemical evaluations of experimental synthetic varieties. *Agronomy Journal* 66: 506-510.
- Ruiz, M.A., A.D. Golberg y O. Martinez (2008). Water stress and forage production in *Tetrachne dregei* Nees, *Panicum coloratum* L. and *Eragrostis curvula* (Schrud) Nees. *Phyton International Journal of Experimental Botany* 77: 7-20.
- SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable) (2006). Primer inventario nacional de bosques nativos. Inventario de campo de la región del espinal distritos caldén y ñandubay. Anexo 1. Estado de conservación del distrito caldén. 77 p. (www.ambiente.gov.ar).
- Sanderson, M.A. y K.J. Moore (1999). Switchgrass morphological development predicted from day of the year or degree day models. *Agronomy Journal* 91: 732-734.
- Shapiro, S.S., M.B. Wilk y H.J. Chen (1968). A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association* 63: 1343-1372.
- Schnyder, H. y R. de Visser (1999). Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation: the regrowing tiller and its component functionally distinct zones. *Plant Physiology* 119: 1423-1435.
- Stritzler, N.P., J.H. Pagella, V.V. Jouve y C.M. Ferri (1996). Semi-arid warm season grass yield and nutritive value in Argentina. *Journal of Range Management* 49: 121-125.
- Stritzler, N.P. (2008). Producción y calidad nutritiva de especies forrajeras megatérmicas. *Revista Argentina de Producción Animal* 28: 165-168.
- Tracy, B.F., M. Maughan, N. Post y D.B. Faulkner (2010). Integrating annual and perennial warm-season grasses in a temperate grazing system. *Crop Science* 50: 2171-2177.
- Turner, L.R., D.J. Donaghy, P.A. Lane y R.P. Rawnsley (2006). Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne*), prairie grass (*Bromus willdenowii*) and cocksfoot (*Dactylis glomerata*) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science* 61: 164-174.
- Van Esbroeck, G.A., M.A. Hussey y M.A. Sanderson (1997). Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. *Crop Science* 37: 864-870.
- Van Kleunen, M. y M. Fischer (2005). Constraints on the evolution of adaptive phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist* 166: 49-60.
- Vergara, G.T. y G.A. Casagrande (2012). Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía (UNLPam)* 22: 5-74.