

DINÁMICA DE ACUMULACIÓN DE LÁMINAS FOLIARES Y ESTRUCTURA DEL FORRAJE DIFERIDO DE *Panicum coloratum* L.

Leaf blade accumulation dynamics and structure of deferred forage of *Panicum coloratum* L pastures

Carlos M. Ferri^{1*}, Miguel A. Brizuela², M. Silvia Cid² y Néstor P. Stritzler³

ABSTRACT

The objectives were to characterize the structures of a *Panicum coloratum* L. cv. Verde pasture resulting from different forage accumulation periods, to assess if the rates of blade accumulation are constant on time, and to determine the variable (chronological or thermal time) best correlated to predict this process. The treatments were established by deferring the forage produced until the end of growing season, after cuttings performed in late spring, mid December (T_{215}), early January (T_{190}) and early February (T_{160}), and they were assigned randomly to paddocks of 0.5 ha each, with two replicates. Deferment period length did not affect ($P > 0.05$) total tiller density. The number of vegetative tillers was 31% higher ($P < 0.01$) in T_{160} compared with T_{215} and T_{190} . Total tiller mass was lower ($P < 0.05$) in T_{160} than in T_{215} . Leaf blade mass was not different ($P > 0.05$) between treatments. The lower total tiller mass of T_{160} , together with a similar leaf blade mass in all treatments, resulted in a higher ($P < 0.05$) percentage of blades. The length of the deferment period did not modify ($P > 0.05$) either the number of leaf blades, or the percentage of living blades per tiller. The highest accumulation of live leaf blades was obtained at 50-60 days, or 600-665 degree-days. To obtain high forage yield and adequate nutritive value, the deferment period should not start until early February.

Key words: C_4 grass, deferred forage, thermal time, phyllochron.

RESUMEN

Los objetivos fueron caracterizar la estructura de una pastura de *Panicum coloratum* L. cv. Verde, resultante de diferentes duraciones del período de acumulación de forraje, analizar si las tasas de acumulación de lámina son constantes en el tiempo, y determinar la variable de mayor ajuste (tiempo cronológico o térmico) para predecir dicho proceso. Los tratamientos se establecieron difiriendo el forraje producido hasta el cese del crecimiento, luego de cortes realizados a mediados de diciembre (T_{215}), principios de enero (T_{190}) y de febrero (T_{160}), y se asignaron al azar en parcelas de 0,5 ha con dos repeticiones. La duración del período de diferimiento, o rezago, no afectó ($P > 0,05$) la densidad de macollos totales. El número de macollos en estado vegetativo fue un 31% mayor ($P < 0,01$) en T_{160} respecto de T_{215} y T_{190} . La masa total de macollos fue menor ($P < 0,05$) en T_{160} que en T_{215} . La masa de lámina no difirió ($P > 0,05$) entre tratamientos. La menor fitomasa total en T_{160} , asociada con una masa de lámina similar entre tratamientos, determinó un mayor ($P < 0,05$) porcentaje de lámina para dicho tratamiento. La duración del diferimiento no modificó ($P > 0,05$) el número de láminas, ni el porcentaje de láminas vivas por macollo. La mayor acumulación de lámina viva se obtuvo entre 55-60 días ó 600-665 grados - días. Para obtener alto rendimiento de forraje y adecuado valor nutritivo, el período de rezago no debería comenzar antes de principios de febrero.

Palabras clave: gramínea C_4 , forraje diferido, forraje rezagado, tiempo térmico, filocrono.

¹ Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, CC 300, L-6300, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
E-mail: "ferri@agro.unlpam.edu.ar" *Autor para correspondencia.

² Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, CIC Bs. As., CONICET, CC 276, B-7620, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", CC 11, L-6326, Anguil, La Pampa, Argentina.

Recibido: 15 de marzo de 2005. Aceptado: 12 de julio de 2005.

INTRODUCCIÓN

En los macollos de las gramíneas, el meristema apical produce primordios foliares a intervalos regulares, hasta que la recepción del estímulo reproductivo desencadena el inicio del desarrollo floral y finaliza la producción de hojas (Briske, 1991). Relaciones lineales fuertes entre el número de hojas producidas en un determinado intervalo de tiempo y la temperatura acumulada, han confirmado que ésta es el factor principal que controla la tasa de aparición de hojas (Porter y Gawith, 1999; Cruz y Boval, 2000). Por ello, la tasa de aparición de hojas se expresa frecuentemente como el intervalo en grados día de crecimiento entre la aparición de dos hojas sucesivas (filocrono) (McMaster, 1997). El concepto de una unidad estandarizada de los tiempos morfológicos, tal como el filocrono, expresado en unidades de tiempo térmico podría ser empleado en el manejo de pasturas, ya que permitiría tomar decisiones sobre la base de unidades acumuladas de tiempo térmico (Moore y Moser, 1995). Sin embargo, para que esto sea posible, el filocrono para una especie debería ser consistente en amplios rangos de condiciones climáticas y edáficas.

Aunque el filocrono es frecuentemente constante a través de la vida de la planta (Frank y Bauer, 1995), puede aumentar gradualmente a medida que aumenta el número de hojas producidas (Skinner y Nelson, 1995) o rápidamente luego de la iniciación floral (Cao y Moss, 1991). En términos generales, en gramíneas perennes templadas, el filocrono no es afectado por deficiencias hídricas o nitrogenadas (Frank y Ries, 1990). Por su parte, la tasa de aparición de hojas en *Setaria anceps* Staff ex Massey, una especie de origen tropical, fue incrementada sólo ligeramente por la nutrición nitrogenada (Cruz y Boval, 2000). La consideración del desarrollo morfológico en gramíneas perennes es de importancia para la aplicación de prácticas de manejo del forraje, ya que la cantidad y la calidad del forraje son afectadas por éste.

El presente estudio busca progresar en la definición del momento de inicio del período de rezago, o diferimiento, de *Panicum coloratum* L. con la finalidad de equilibrar el rendimiento de forraje con un valor nutritivo compatible con los requerimientos nutricionales en sistemas de producción animal.

Los objetivos del estudio fueron (1) caracterizar las estructuras de una pastura de *P. coloratum* cv.

Verde resultantes de diferentes duraciones del período de acumulación de forraje e inferir sobre su calidad; (2) analizar si las tasas que determinan la acumulación de lámina son constantes en el tiempo; y (3) determinar cuál es la variable (tiempo cronológico o térmico) de mejor ajuste para predecir dichos procesos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos y dispositivo experimental

El estudio se realizó durante la temporada de crecimiento 1997-1998, en una pastura de *P. coloratum* cv. Verde establecida en la primavera de 1994, en el Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, La Pampa, Argentina) (36°46' lat. Sur; 64°16' long. Oeste; 210 m.s.n.m.). Las precipitaciones (743 y 675 mm en 1997 y 1998) fueron próximas a la media histórica anual (699 mm). Los tratamientos se generaron mediante distintos períodos de rezago, o diferimiento, de forraje. Éstos se establecieron permitiendo la acumulación de forraje hasta el cese del crecimiento por bajas temperaturas, luego de cortes realizados a mediados de diciembre (T_{215}), principios de enero (T_{190}) y principios de febrero (T_{160}). El subíndice de cada tratamiento indica los días del período de regazo (diferimiento). Los tratamientos se asignaron al azar en parcelas de 0,5 ha con dos repeticiones. Se buscó generar tres diferentes extensiones de los períodos de diferimiento (largo, intermedio y corto) en función de la duración de la estación de crecimiento de la especie en la región.

Estructura de macollos y estimación de variables morfogénéticas

En cada tratamiento y repetición, al final del período de diferimiento (fines de junio) se determinó: altura, densidad de macollos vegetativos y reproductivos, acumulación de materia seca total y de lámina, relación lámina/tallo (incluye vaina e inflorescencia), y número de láminas vivas y senescentes por macollo.

Altura

Se realizaron mediciones de altura por parcela, en 30 macollos vegetativos y en 30 macollos reproductivos, seleccionados al azar. La altura se determinó con una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta el extremo distal de la hoja superior extendida en macollos vegetativos, y hasta el extremo superior

de la inflorescencia en macollos reproductivos. El estado reproductivo se definió a partir del inicio de la elongación del tallo (primer nudo palpable).

Densidad de macollos

Se contaron los macollos vegetativos y reproductivos en cinco marcos de 0,1 m² por parcela. Los marcos se ubicaron al azar sobre las líneas de siembra de la pastura. Con esta información también se determinó la relación macollos vegetativos/macollos reproductivos.

Fitomasa

En cinco áreas de 2 m² cada una seleccionadas al azar en cada parcela, se cosechó el forraje por corte a nivel del suelo. Por cada unidad de corte, una submuestra de 200 g se separó en las fracciones lámina (L), y vaina + tallo + inflorescencia (de aquí en adelante: tallo (T)).

Número de láminas por macollo

El número de láminas vivas (longitud de lámina verde \geq 50% de la longitud total) y el número de láminas senescentes (longitud de lámina verde < 50%) se determinaron sobre 60 macollos (30 vegetativos y 30 reproductivos) seleccionados al azar.

Mediciones sobre macollos marcados

En T₂₁₅, luego del corte que dio inicio al período de diferimiento, se marcaron 36 macollos vegetativos distribuidos en tres transectas de 3,60 m por repetición. Los macollos se marcaron rodeando cada uno con cable telefónico, sujeto al suelo con un clavo de 7,5 cm. Desde el 11 de diciembre y hasta el 22 de abril, cada siete días, se registró en cada macollo: longitud de lámina de hoja verde desde la lígula hasta el extremo distal de la lámina o hasta el borde del área senescente (Mazzanti *et al.*, 1994) y número de hojas. A partir de las mediciones realizadas sobre los macollos marcados se estimaron: filocrono (el intervalo de tiempo cronológico (días) o térmico (°C días) entre la aparición de dos hojas sucesivas), longitud acumulada de lámina viva y senescente (mm macollo⁻¹) y longitud de lámina por categoría de hoja.

El filocrono se determinó de acuerdo con Van Esbroeck *et al.* (1997) considerando el número de días de crecimiento (t) y los grados días (GD) acumulados entre la aparición de la tercera y quinta hoja. Estos valores se dividieron por el número de hojas (dos) generadas durante el período de medición.

Las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire, registradas en abrigo meteorológico a 1,50 m de altura (Figura 1a), se obtuvieron de la Estación Meteorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, ubicada aproximadamente a 1,5 km del sitio experimental. La sumatoria de los grados día del período de crecimiento (Figura 1b), comenzando el 11 de diciembre, se calculó como:

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

donde: T_m es la temperatura media diaria, T_b es la temperatura base (10 °C) y n es el número de días desde el 11 de diciembre. La capacidad predictiva de los modelos basados en GD depende de la exacta determinación de la T_b (temperatura sobre la que tiene lugar el crecimiento y por debajo de la cual la planta permanece quiescente) para la especie en consideración (Unruh *et al.*, 1996). Sin embargo, según Bonhomme (2000) el valor de T_b tiene sólo

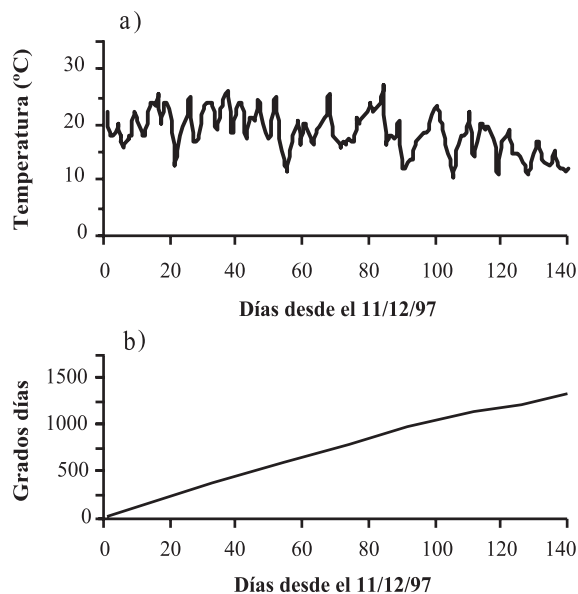


Figura 1. a) Temperatura media diaria, y b) grados días acumulados (base 10°C) durante la estación de crecimiento 1997-1998, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Figure 1. a) Mean daily temperature, and b) accumulated degree days accumulation (base 10°C) for the 1997-1998 growing season, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

un ligero efecto sobre la precisión de los modelos, cuando las temperaturas promedio del aire están por sobre dicho valor. La temperatura base de 10°C ha sido utilizada por varios autores en trabajos con gramíneas perennes de crecimiento estival (Van Esbroeck *et al.*, 1997; Sanderson y Moore, 1999).

Análisis estadístico

Los datos de estructura se analizaron mediante análisis de la varianza con un diseño completamente aleatorizado. Las diferencias entre medias se establecieron mediante test de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para determinar las relaciones entre longitud acumulada de lámina viva, de lámina senescente, y número de hojas con días de crecimiento (t) y GD, se realizaron regresiones polinomiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables estructurales

La duración del período de diferimiento no afectó ($P = 0,223$) la densidad total final de macollos, aunque el número de macollos en estado vegetativo fue un 31% mayor ($P = 0,003$) en T_{160} respecto de T_{215} y T_{190} . Además, en T_{160} los macollos reproductivos presentaron una menor ($P = 0,001$) altura respecto de los mismos tratamientos (Cuadro 1). La mayor densidad de macollos vegetativos y la menor altura de los macollos reproductivos en T_{160} determinó una clara tendencia de menor ($P = 0,055$) fitomasa total respecto a T_{215} . En T_{190} la fitomasa total presentó valores intermedios entre T_{160} y T_{215} . La masa de lámina total no difirió significativamente ($P = 0,686$) entre tratamientos (Cuadro 2). La menor masa total en T_{160} , asociada con una masa de lámina similar entre tratamientos, determinó un

mayor ($P = 0,020$) porcentaje de lámina y una mayor ($P = 0,033$) relación lámina/tallo para dicho tratamiento (Cuadro 2).

La duración del período de diferimiento no modificó ($P > 0,05$) el número de láminas, ni el porcentaje de láminas vivas por macollo, tanto en macollos vegetativos como reproductivos. De dicha información se infiere que la elongación de los entrenudos comenzó luego de registrarse 4 a 5 láminas vivas sobre un macollo, y se desarrollaron 7 a 8 entrenudos antes de la floración. La relación porcentual de láminas vivas no fue afectada ($P > 0,05$) por los tratamientos, en los macollos vegetativos ($57 \pm 6\%$) ni en los reproductivos ($7 \pm 3\%$) (Cuadro 2).

Los resultados indican que en *P. coloratum* la duración del período de rezago determina estructuras de canopia diferentes en la altura y el número de macollos reproductivos, el porcentaje de láminas y la relación masa de lámina/masa de tallo. En T_{160} , la altura de los macollos reproductivos fue menor y la relación de macollos vegetativos/macollos reproductivos mayor que en los tratamientos con rezagos más largos. Sin embargo, el porcentaje de lámina y la relación masa de lámina/masa de tallo fueron mayores con los rezagos más cortos. Estas modificaciones en la estructura de la cubierta vegetal podrían afectar la respuesta animal en condiciones de pastoreo, ya que varios estudios han encontrado un fuerte efecto del porcentaje de hoja, la masa de lámina, la masa verde y la relación hoja/tallo de gramíneas C_4 sobre el comportamiento ingestivo (Forbes y Coleman, 1993; Sollenberger y Burns, 2001). El manejo de la duración del período de rezago puede ser una de las herramientas a conside-

Cuadro 1. Altura, densidad de macollos y relación macollos vegetativos (Veg)/macollos reproductivos (Rep) al finalizar tres diferentes períodos de rezago (diferimiento) de *Panicum coloratum* cv. Verde.

Table 1. Height, tillers density, and vegetative (Veg)/reproductive (Rep) tiller ratio at the end of three different growth periods of *Panicum coloratum* cv. Verde.

Tratamiento ¹	Altura macollos		Densidad macollos		Relación Veg/Rep
	Veg	Rep	Totales	Veg	
	— cm —		— macollos m ⁻² —		
T_{215}	25 a	97 a	1646 a	835 b	1,03 b
T_{190}	24 a	90 a	1568 a	834 b	1,17 b
T_{160}	27 a	63 b	1307 a	1202 a	7,55 a
EE	1,1	1,5	111	36	1,03

En cada columna, medias con igual letra no difieren entre sí, según test de Tukey ($P > 0,05$).

¹ Subíndice de cada tratamiento indica los días del período de diferimiento.

EE: error estándar.

Cuadro 2. Fitomasa total y de lámina, porcentaje de lámina, relación lámina/(vainas + tallo + inflorescencia) (L/V+T+I), número de láminas y porcentaje de láminas vivas, por macollo vegetativo (Veg) o reproductivo (Rep) al finalizar tres diferentes períodos de rezago (diferimiento) de *Panicum coloratum* cv. Verde.

Table 2. Total and leaf blade phytomass, blade percentage, blade/(sheath + stem + inflorescence) (L/V+T+I) ratio, blade number, and percentage of live blades per vegetative (Veg) or reproductive (Rep) tiller at the end of three different growth periods of *Panicum coloratum* cv. Verde.

Tratamiento ¹	Fitomasa		Porcentaje lámina ² (%)	Relación L/V+T+I	Número láminas macollo ⁻¹		% Láminas vivas macollo ⁻¹	
	Total — (g MS m ⁻²) —	Lámina ²			Veg	Rep	Veg	Rep
T ₂₁₅	279 a	90 a	32 b	0,48 b	4,3 a	7,0 a	51 a	9 a
T ₁₉₀	218 a	82 a	38 ab	0,60 ab	4,3 a	7,2 a	62 a	7 a
T ₁₆₀	200 a	91 a	45 a	0,82 a	4,4 a	6,6 a	57 a	5 a
EE:	14	7	2	0,04	0,1	0,2	6	3

En cada columna, medias con igual letra no difieren entre sí, según test de Tukey (P > 0,05).

¹ Subíndice de cada tratamiento indica los días del período de diferimiento.

² Involucra lámina viva y senescente.

EE: error estándar.

rar en los sistemas ganaderos, para manipular el consumo y en consecuencia la producción animal individual y por unidad de área.

Tasa de aparición de hojas

Varios autores han encontrado que tanto el número total de hojas como la tasa de aparición de hojas se asocian más fuertemente con la suma térmica que con el tiempo cronológico (Wilhelm y McMaster, 1995). Sin embargo, en el presente estudio el número total de hojas presentó valores de R^2 similares para ambas regresiones (Cuadro 3). Esto podría estar relacionado a que se midió en el período estival, cuando probablemente las limitaciones térmicas son mínimas (Figura 1a).

La tasa de aparición de hojas en función de los grados día base 10°C presentó una respuesta curvilínea (Figura 2). Varios autores encontraron una relación similar en otras gramíneas, tales como

trigo (*Triticum aestivum* L.) (Hotsonyame y Hunt, 1997; Streck *et al.*, 2003), *Andropogon gerardii* Vitman y *Schizachyrium scoparium* (Michx.) Nash (Gillen y Ewing, 1992) y festuca (*Festuca arundinacea* Schreb) (Skinner y Nelson, 1995). La disminución en la tasa de aparición de hojas con el aumento en el número de hojas en *P. coloratum* podría ser el resultado del incremento en la longitud de la vaina en la medida que aparecen las hojas sucesivas, tal como ha sido observado en otras gramíneas (Duru *et al.*, 1993; Skinner y Nelson, 1995). En igual sentido, el período de expansión de las hojas sucesivas tiende a incrementar y, consecuentemente, de esta manera la longitud final de la misma. En el presente estudio, la longitud final de la lámina incrementó desde la primera hasta la quinta hoja (Figura 3). A partir de la quinta hoja las láminas fueron sucesivamente más cortas. Esto determinó que las láminas más largas se dispusieran en la parte media de la cubierta vegetal.

Cuadro 3. Relaciones polinomiales de primer (X) y segundo grado (X²) del número de hojas por macollo (Y) con días de crecimiento (t) y grados días base 10°C (GD) acumulados desde el 11-12-97, en *Panicum coloratum* cv. Verde.

Table 3. First (X) and second (X²) degree polynomial relationships between leaf blades per tiller (Y) and with growing days (t) and degree days (base 10°C) (GD) accumulated from 11-12-97, in *Panicum coloratum* cv. Verde.

Intercepto	X	X ²	R ²	√CME
3,9	0,0526t***		0,84	0,44
0,7	0,1886t***	- 0,0012t ² ***	0,97	0,21
3,8	0,0053GD***		0,87	0,40
0,8	0,0170GD***	- 0,00001GD ² ***	0,97	0,19

√CME, raíz cuadrada del cuadrado medio del error.

*** P < 0,001.

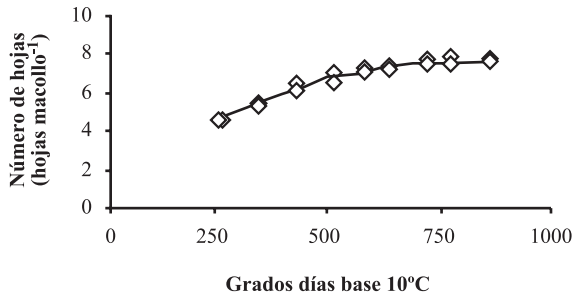


Figura 2. Aparición de hojas en macollos de *Panicum coloratum* cv. Verde con relación a grado días de crecimiento.

Figure 2. Leaf appearance in *Panicum coloratum* cv. Verde tillers related to growing degree days.

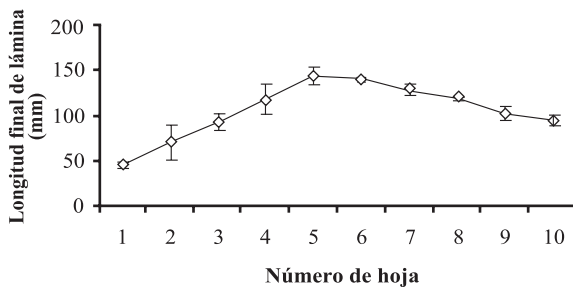


Figura 3. Longitud total de lámina para las hojas 1 a 10 en *Panicum coloratum* cv. Verde.

Figure 3. Total leaf blade length for leaves 1 to 10 in *Panicum coloratum* cv. Verde.

Con una temperatura media de 22°C y un filocrono de 78 GD, *P. coloratum* cv. Verde requiere de aproximadamente 7 días para producir una hoja. Esto contrasta con lo observado en *P. virgatum* L. cv. Alamo, que para una condición similar de temperatura puede requerir de 13 días (Van Esbroeck *et al.*, 1997). Sanderson (1992) indicó que *P. coloratum* florece más temprano, y que su desarrollo morfológico es aproximadamente tres veces más rápido que el de *P. virgatum* durante la primavera y dos veces en el verano. La proporción de materia seca de lámina en estas gramíneas disminuye rápidamente con el desarrollo morfológico, como resultado de la elongación de los entrenudos, mientras que la proporción de vaina permanece aproximadamente constante o disminuye lentamente con el desarrollo. La consecuencia de este proceso es una disminución del valor nutritivo del forraje, dado

que las láminas presentan valores más altos que los demás componentes (Stritzler *et al.*, 1996).

Tasa de acumulación de lámina viva y senescente

La longitud acumulada de lámina viva presentó una relación curvilínea tanto con el tiempo cronológico como con el tiempo térmico acumulado (Cuadro 4). La información disponible sobre el efecto del cambio al estado reproductivo sobre la tasa de elongación de las láminas de hojas de gramíneas es escasa y no consistente. Duru y Ducrocq (2000) encontraron en pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.) que, en un período de rebrote determinado, las láminas sucesivas elongaron a tasas similares entre ellas. Sin embargo, Van Esbroeck *et al.* (1997), trabajando con *P. virgatum* encontraron disminuciones en la tasa de elongación luego del comienzo del desarrollo de la panoja. Además, otros autores determinaron que el intervalo de tiempo entre la aparición de hojas sucesivas disminuyó con el incremento en la altura de inserción de las hojas (Miglieta, 1991) o con el estado fenológico (Jamienson *et al.*, 1995). En el presente estudio, probablemente la tasa de elongación de cada lámina haya sido constante hasta los 400 ó 450 GD (5 a 6 hojas) (Figura 4). La disminución en la tasa de acumulación luego de ese rango de valores podría ser explicada, tanto por disminuciones en la tasa de aparición de hojas (Figura 2) como en la tasa de elongación foliar. La elongación de los entrenudos comenzó luego de la presencia de cuatro a cinco láminas foliares en el macollo. Sanderson (1992) informa que el inicio del estado reproductivo, en esta especie, se produce luego de la formación de seis a siete entrenudos; esto indicaría una transición entre la elongación de entrenudos y el inicio del estado reproductivo.

La acumulación de lámina senescente aumentó en forma exponencial con el tiempo cronológico y con el tiempo térmico acumulado (Cuadro 5). La mayor acumulación de lámina viva se obtuvo entre los 600-665 GD (Figura 4). Para lograr esta acumulación, considerando una temperatura media del aire de 22°C, deberían transcurrir 55-60 días. Sin embargo, períodos de diferimiento que permitan alcanzar la máxima acumulación de lámina viva pueden determinar tanto estructuras de la cubierta vegetal como presumiblemente también disminuciones en el valor nutritivo del forraje que afecten la respuesta animal.

Cuadro 4. Relaciones polinomiales de primer (X) y segundo grado (X²) de la longitud acumulada de lámina viva (Y; mm macollo⁻¹) con días de crecimiento (t) y grados días base 10°C (GD) acumulados desde el 11-12-97, en *Panicum coloratum* cv. Verde.

Table 4. First (X) and second (X²) degree polynomial relationships between live blade length accumulation (Y; mm tiller⁻¹) and growing days (t) and degree days (base 10°C) (GD), accumulated from 11-12-97, in *Panicum coloratum* cv. Verde.

Intercepto	X	X ²	R ²	√CME
296,6	6,8267t ^{***}		0,75	77,0
-167,6	26,0431t ^{***}	- 0,1761t ^{2**}	0,88	55,1
273,3	0,6860GD ^{***}		0,78	72,6
-151,0	2,3654GD ^{***}	- 0,0015GD ^{2**}	0,89	53,7

√CME, raíz cuadrada del cuadrado medio del error.

P < 0,01; *P < 0,001.

Cuadro 5. Relaciones polinomiales de primer (X) y segundo grado (X²) de la longitud acumulada de lámina senescente (Y; mm macollo⁻¹) con días de crecimiento (t) y grados días base 10°C (GD) acumulados desde el 11-12-97, en *Panicum coloratum* cv. Verde.

Table 5. First (X) and second (X²) degree polynomial relationships between the accumulated length of senescent blades (Y; mm tiller⁻¹) with growing days (t) and degree days base 10°C (GD), accumulated from 11-12-97, in *Panicum coloratum* cv. Verde.

Intercepto	X	X ²	R ²	√CME
-297,4	7,17t ^{***}		0,93	68,9
26,2	-0,9364t ^{NS}	0,0450t ^{2NS}	0,95	60,6
-12,8		0,0399t ^{2***}	0,95	56,9
-389,5	0,8128GD ^{***}		0,90	78,9
270,5	-0,8230GD ^{NS}	0,00092GD ^{2*}	0,95	57,9
-67,3		0,000465GD ^{2***}	0,94	61,3

√CME, raíz cuadrada del cuadrado medio del error.

^{NS}P > 0,05; *P < 0,05; ***P < 0,001.

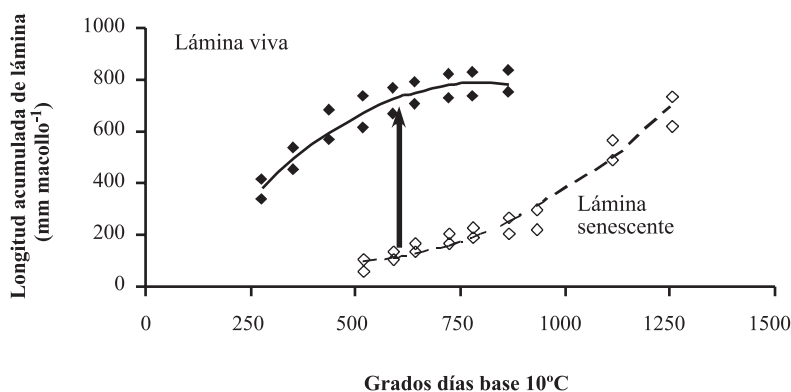


Figura 4. Longitud acumulada de lámina viva y senescente en macollos de *Panicum coloratum* cv. Verde. ↑ Indica la máxima amplitud entre la longitud acumulada de lámina viva en relación con la acumulada de lámina senescente.

Figure 4. Accumulation of live and senescent leaf blade length for *Panicum coloratum* cv. Verde tillers. ↑ Shows the difference between accumulated length of live and senescent leaf blade tissue.

CONCLUSIONES

Aumentos en la duración del período de rezago (diferimiento) determinaron incrementos en la fitomasa total y en la altura de macollos reproductivos y disminuciones en el porcentaje de láminas y en la relación lámina/tallo. Estas modificaciones en la estructura de la cubierta vegetal pueden afectar la facilidad de aprehensión de los componentes más nutritivos de la canopia (por ej. lámina) y, en consecuencia, el comportamiento ingestivo y la respuesta animal.

Los resultados indican que los procesos que determinan la acumulación de lámina (tasa aparición de hojas, tasa de acumulación de lámina) pueden ser predichos, tanto a partir del tiempo cronológico como de los grados días de crecimiento (base = 10°C).

Las tasas de aparición de hojas y de elongación de láminas se mantienen constantes hasta los 400-450 GD (5 ó 6 hojas) o 37-41 días, para las condiciones de temperaturas en las cuales se desarrolló el estudio, y luego disminuyen. La mayor acumulación de longitud de lámina viva se registra entre los 600-665 GD ó 55-60 días.

Se puede inferir que para compatibilizar un alto rendimiento de forraje con una estructura y valor nutritivo que determinen una respuesta animal adecuada (mantenimiento de peso en rodeos de cría), el período de rezago (diferimiento) no debería comenzar, en la Región Semiárida Pampeana de Argentina, antes de fines de enero o principios de febrero.

LITERATURA CITADA

- Bonhomme, R. 2000. Review: Bases and limits to using 'degree day' units. *Eur. J. Agron.* 13:1-10.
- Briske D.D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. p. 11-26. *In* R.K. Heitschmidt and J.W. Stuth (eds.). *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, USA.
- Cao, W., and D.N. Moss. 1991. Phyllochron change in winter wheat with planting date and environmental change. *Agron. J.* 83:396-401.
- Cruz, P., and M. Boval. 2000. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. p. 151-168. *In* G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, and P.C. de F. Carvalho (eds.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International, Wallingford, UK.
- Duru, M., and H. Ducrocq. 2000. Growth and senescence of successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. *Ann. Bot.* 85:635-643.
- Duru, M., E. Justes, A. Langlet, and V. Tirily. 1993. Comparaison des dynamiques d'apparition et de mortalité des organes de fétuques élevée, dactyle et luzerne (feuilles, talles et tiges). *Agronomie* 13:237-252.
- Forbes, T.D.A., and S.W. Coleman. 1993. Forage intake and ingestive behaviour of cattle grazing old world bluestems. *Agron. J.* 85:808-816.
- Frank, A.B. and A. Bauer. 1995. Phyllochron differences in wheat, bar, and forage grasses. *Crop Sci.* 35:19-23.
- Frank, A.B., and R.E. Ries. 1990. Effect of soil water, nitrogen, and growing degree-days on the morphological development of crested and western wheatgrass. *J. Range Manage.* 43:257-260.
- Gillen, R.L., and A.L. Ewing. 1992. Leaf development of native bluestem grasses in relation to degree-day accumulation. *J. Range Manage.* 45:200-204.
- Hotsonyame, G.K., and L.A. Hunt. 1997. Sowing date and photoperiod effects on leaf appearance in field-grown wheat. *Can. J. Plant Sci.* 77:23-31.
- Mazzanti, A., G. Lemaire, and F. Gastal. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Sci.* 49:111-120.
- McMaster, G.S. 1997. Phenology, development, and growth of the wheat shoot apex: a review. *Adv. Agron.* 59:63-118.
- Moore, K.J., and L.E. Moser. 1995. Quantifying development of perennial grasses. *Crop Sci.* 35:37-43.
- Porter, J.R., and M. Gawith. 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *Eur. J. Agron.* 10:23-36.
- Sanderson, M.A. 1992. Morphological development of switchgrass and kleingrass. *Agron. J.* 84:415-419.
- Sanderson, M.A., and K.J. Moore. 1999. Switchgrass morphological development predicted from day of the year or degree day models. *Agron. J.* 91:732-734.

- Skinner, R.H., and C.J. Nelson. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Sci.* 35:4-10.
- Sollenberger, L.E., and J.C. Burns. 2001. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grassland. p. 321-327. *Proc. XIX Int. Grassl. Cong.*, 11-21 February. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba, Brasil.
- Streck, N.A., A. Weiss, Q. Xue, and P.S. Baenziger. 2003. Incorporation a chronology response into prediction of leaf appearance rate in winter wheat. *Ann. Bot.* 92:181-190.
- Stritzler, N.P., J.H. Pagella, V.V. Jouve, and C.M. Ferri. 1996. Semi-arid warm-season grass yield and nutritive value in Argentina. *J. Range Manage.* 49:121-125.
- Unruh, J.B., R.E. Gaussoin, and S.C. Wiest. 1996. Basal growth temperatures and growth rate constants of warm-season turfgrass species. *Crop Sci.* 36:997-999.
- Van Esbroeck, G.A., M.A. Hussey, and M.A. Sanderson. 1997. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. *Crop Sci.* 37:864-870.
- Wilhelm, W.W., and G.S. McMaster. 1995. The importance of phyllochron in studying the development of grasses. *Crop Sci.* 35:1-3.