

Manejo de la defoliación en Mijo Perenne (*Panicum coloratum* L.) cv
Verde

Felipe Serrago
Autor

Carlos Ferri
Director

Facultad de Agronomía, UNLPam

---- 2015 ----

Indice

Pág.

Resumen

Palabras clave

Introducción

Materiales y métodos

Resultados y discusión

Tasa de aparición de hojas

Longitud acumulada de lámina viva y senescente por macollos

Partición de la materia seca entre fracciones morfológicas

Relación entre la biomasa de raíz y biomasa aérea total

Proteína bruta y digestibilidad in vitro de la materia seca

Carbohidratos no estructurales

Agradecimientos

Conclusiones

Bibliografía

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar el momento óptimo de defoliación en mijo perenne cv Verde, en relación con el número de hojas por macollo desde la perspectiva de la acumulación de materia seca, inicio de la senescencia, calidad nutricional del forraje y reposición de carbohidratos solubles en la base de los tallos, para establecer pautas de manejo. El intervalo de defoliación óptimo será aquel que permita la recuperación de los carbohidratos solubles, lo que a su vez maximizará el crecimiento foliar y el macollaje y que, además, asegure un equilibrio entre la acumulación de materia seca, la relación lámina:tallo y la persistencia de la pastura.

Palabras clave: Longitud foliar, tasa de aparición de hojas, partición de la materia seca, valor nutritivo.

Introducción

El conocimiento de la respuesta de las plantas a la defoliación es necesario para establecer prescripciones de manejo, tanto de la vegetación como de los herbívoros, que permitan minimizar las posibles consecuencias adversas del pastoreo y mantener la producción primaria y secundaria sobre una base sostenible (Briske y Richards 1995). Muchos estudios, relacionados con el efecto de la defoliación sobre el vigor, la productividad y las reservas carbonadas de las plantas, concluyeron que la respuesta de las plantas a la misma podría explicarse por la frecuencia, intensidad y estación de la defoliación (Skinner y Moore 2007, Lemaire *et al.* 2009). En consecuencia, se puede optimizar el reemplazo del material foliar defoliado, interrumpir la elongación de los tallos y promover el macollamiento (Turner *et al.* 2006, Pembleton *et al.* 2009) a través de la programación de la frecuencia e intensidad (altura del remanente) de la defoliación sobre bases ecofisiológicas que compatibilicen productividad, calidad nutricional y persistencia. Así, la identificación de un indicador de fácil medición que refleje el estado fisiológico de las plantas definitorio del momento óptimo de la defoliación, a partir de su efecto sobre la pastura y sobre el animal, puede tener implicancias prácticas significativas.

En gramíneas C3 y C4, el valor nutritivo se relaciona con el estado de madurez y con el aumento, a partir de la elongación de los entrenudos, de la proporción de tallos (Agnusdei *et al.* 2010), dado que, tanto la digestibilidad *in vitro* de la materia seca como el consumo de hojas es mayor que el de tallos (Poppi *et al.* 1981). Los problemas de calidad nutricional asociados con la presencia de tallos son más importantes en gramíneas C4, las que, a diferencia de las C3, no tienen requerimientos ambientales específicos para florecer y, en este grupo de especies, la elongación de tallos se produce durante toda la estación de crecimiento (Boonman 1971).

Las pasturas con una proporción elevada de lámina favorecen el consumo diario de los animales en pastoreo, debido a que este tipo de estructura facilita el proceso de cosecha, manipulación y digestión del forraje ingerido (Benvenuti *et al.* 2008). En ese contexto, uno de los objetivos del manejo de pasturas es conformar estructuras “amigables” para los animales (Agnusdei y Wade 2001), que les permitan alcanzar tasas de consumo instantáneas y diarias elevadas, al evitar que resten tiempo de pastoreo en la selección de ciertas fracciones del forraje total ofrecido o que deban consumir forraje de reducida digestibilidad.

La información del efecto del manejo de la defoliación basado en el estado foliar (número de hojas por macollo) es limitada en *Panicum coloaeratum* L. Los estudios que investigaron el rebrote en mijo perenne siguieron defoliaciones a varias alturas (Evers y Holt 1972) y los intervalos de la defoliación fueron determinados fijando el número de días entre cortes (Evers y Holt 1972, Holt *et al.* 1985, Sanderson *et al.* 1999).

Objetivo

Determinar el momento óptimo de defoliación en mijo perenne cv Verde, en relación con el número de hojas por macollo desde la perspectiva de la acumulación de materia seca, inicio de la senescencia, calidad nutricional del forraje y reposición de carbohidratos solubles en la base de los tallos.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó durante una temporada de crecimiento en invernáculo, ubicado en la Facultad de Agronomía, en el predio de la Universidad Nacional de La Pampa. Se trasplantaron, durante el mes de marzo, 72 plantas de mijo perenne (con 10 macollos) en macetas (120 mm de diámetro x 500 mm de alto) rellenas con suelo haplustol éntico (MO=1,8%, P=32,6 ppm; pH=6,4) homogeneizado, extraído de la capa arable. Las 72 plantas fueron defoliadas, a 8,0 cm de altura, a mediados de octubre. Luego, del corte inicial, a partir del día 5 de rebrote, cada 5 días y hasta el día 60, es decir, en 12 ocasiones de muestreo durante el ensayo se extrajeron al azar seis plantas. La extracción de las mismas se efectuó, una vez transcurridas tres horas de la salida del sol, para la medición de carbohidratos solubles y proteína bruta en remanente y material cosechado a 8,0 cm de altura.

Para minimizar las pérdidas de carbohidratos por respiración, inmediatamente de cosechado, el material fue sometido a un tratamiento de secado en horno microondas durante un minuto a máxima intensidad (Pelletier *et al.* 2010 y, luego, secado en estufa de tiro forzado (55°C, 72 h) y separado en las fracciones lámina, tallo (incluyendo vaina e inflorescencia) y material senescente. Además, sobre cuatro macollos por maceta, identificados con un

anillo al inicio del experimento, se cuantificó la longitud foliar y el número de hojas. Las fracciones de hoja se estimaron considerando la longitud de la hoja en expansión relativa a la hoja expandida.

Las muestras se molieron con malla de 1 mm y se analizó la concentración de proteína bruta (PB: N x 6,25; semimicro-Kjeldahl) y de carbohidratos no estructurales en la base de los tallos, mediante el método descrito por Morris (1946). El material cosechado correspondiente a las fracciones lámina y tallo se combinaron, antes de su molienda, y se determinó PB y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

A partir del recuento de hojas, sobre los macollos marcados, se estimó la tasa de aparición de hojas (TAH) y filocrono (*i.e.*, el intervalo de tiempo entre la aparición de dos hojas sucesivas). La TAH fue estimada como la pendiente en la regresión lineal simple entre el número de hojas y el tiempo térmico (GD, °C días) acumulado desde el corte inicial (15 de octubre). El filocrono fue calculado como la inversa de la TAH.

La temperatura del aire se registró, diariamente, cada media hora (Figura 1a), mediante la utilización de un Data Logger (LASCAR, modelo EL-USB-2-LCD). La sumatoria de los grados días del periodo de crecimiento (Figura 1b), comenzando el 15 de octubre, se calculó como:

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

donde: T_m es la temperatura media diaria y T_b es la temperatura base (10 °C) y n es el número de días desde el 01 de octubre.

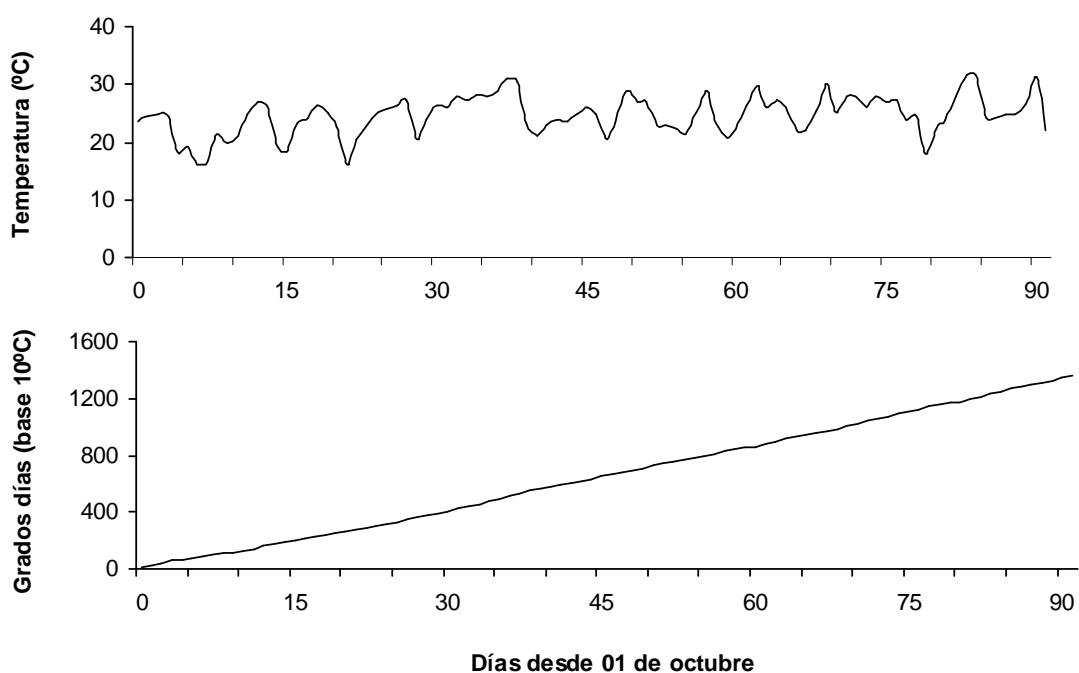


Figura 1. a) Temperatura media diaria, y b) Grados días acumulados (base 10°C), desde el 01 de octubre, Santa Rosa, La Pampa.

Los datos se analizaron mediante análisis de regresión lineal simple y múltiple, considerando como variables independientes el número de hojas y el tiempo térmico (grados días) y dependientes la proporción de fracciones morfológicas (lámina, tallo y material senescente), longitud foliar, número de hojas por macollo, PB, DIVMS y carbohidratos no estructurales.

Resultados

Se presentan, en primer término, la tasa de aparición de hojas, la longitud acumulada de lámina viva y senescente por macollo, la partición de la materia seca aérea entre fracciones morfológicas y la relación entre la biomasa de raíz y biomasa aérea total. Luego, la concentración proteica, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y los carbohidratos no estructurales en función del tiempo térmico (GD) y el número de hojas acumuladas por macollo.

Tasa de aparición de hojas

El número de hojas acumulado en función de GD base 10°C presentó una respuesta lineal (**Figura 2**), siendo el ajuste de la relación muy estrecho. Esto último, resaltaría el rol de la temperatura en el proceso de formación de nuevas hojas e indicaría que la estimación del filocrono (200°C días), mediante el empleo del análisis de regresión, sería apropiada (Xue *et al.* 2004

El valor del filocrono establecido en el presente estudio se encuentra dentro del rango obtenido en condiciones de campo por Ferri *et al.* (2008). Sin embargo, bajo estas últimas condiciones el ajuste de la relación entre el número de hojas acumulado y los GD fue de tipo curvilíneo. Con otras gramíneas, algunos autores encontraron que el filocrono es relativamente constante a través de la estación de crecimiento (Porter y Gawith 1999). Otros investigadores, tanto en condiciones controladas de cámara de crecimiento, como en condiciones de campo, observaron que el filocrono presenta una respuesta curvilínea (Slafer y Rawson 1997, Van Esbroeck *et al.* 1997). El filocrono depende, principalmente, del momento en el cual se inicia la expansión foliar y de la duración de dicha expansión a través del seudotallo (Skinner y Nelson 1995). Así, cualquier factor que afecte la relación entre la longitud de la vaina y la tasa de expansión foliar puede afectar el filocrono. Por lo tanto, en condiciones de campo, se podrían encontrar inconsistencias entre GD acumulados y la tasa de aparición de hojas. Esto último invalidaría la predicción del intervalo entre defoliaciones mediante la consideración del tiempo térmico.

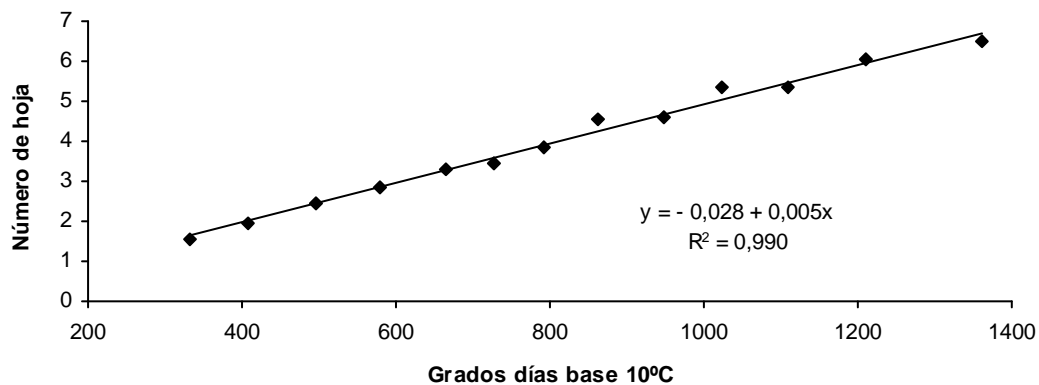


Figura 2. Aparición de hojas en macollos de *Panicum coloratum*. Cada punto representa la media de 24 macollos.

Longitud acumulada de lámina viva y senescente por macollo

La longitud acumulada de lámina viva presentó una relación curvilínea tanto con GD como con el número de hojas por macollo (**Figura 3a y b**). En el presente estudio, probablemente la tasa de elongación de cada lámina haya sido constante hasta, aproximadamente, los 800 GD (ó 4 hojas). La disminución en la tasa de acumulación de lámina, luego de ese valor de GD, podría ser explicada tanto por disminuciones en la tasa de elongación foliar como en la tasa de aparición de hojas. Sin embargo, para esta última variable no se detectaron desviaciones de la linealidad (**Figura 2**). Mientras que, en la tasa de elongación foliar, otros autores trabajando con *P. virgatum*, encontraron disminuciones en la misma luego del inicio del desarrollo de la inflorescencia (Van Esbroeck *et al.* 1997).

La acumulación de lámina senescente aumentó en forma exponencial con GD y el número de hojas por macollo (**Figura 3b**). La senescencia foliar se inició alrededor de los 700 GD y al estado de 3,5 hojas luego del rebrote, al finalizar la evaluación el porcentaje de longitud de lámina senescente representaba el 15,3% de la longitud total de lámina acumulada.

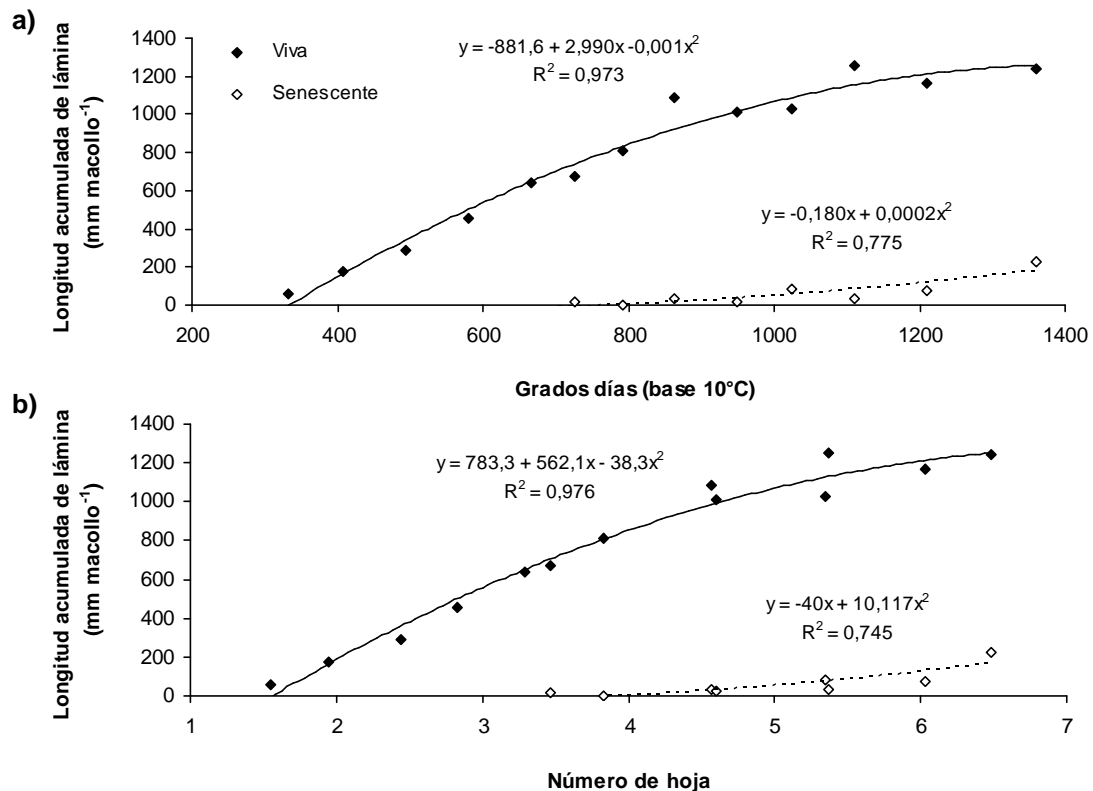


Figura 3. Longitud acumulada de lámina viva y senescente en relación con a) Grados días base 10°C y b) Número de hojas por macollo, de *Panicum coloratum*.

Partición de la materia seca entre fracciones morfológicas

Tanto los GD como el número de hojas por macollo mostraron ser buenas predictoras de la partición de la materia seca (**Figura 4a y b**), siendo el coeficiente de determinación (R^2) de las relaciones, para la fracción lámina, superior al 95%. La proporción de materia seca de lámina en gramíneas C4, como mijo perenne, disminuye rápidamente con el desarrollo morfológico, como resultado de la elongación de los entrenudos. En gramíneas, la relación lámina:tallo o la proporción de lamina viva son conceptos similares. Estas relaciones describen diferencias proporcionales en los componentes morfológicos de la biomasa de la planta que afectan el valor nutritivo, comportamiento ingestivo y consumo animal (Bélanger *et al.* 2001). Los trabajos de Stobbs (1973) y Chacon y Stobbs (1976) indican que, en gramíneas tropicales, la relación lamina:tallo es un factor importante en determinar la selección de la dieta y el consumo de forraje por bovinos. En mijo perenne, la densidad foliar (g de material orgánica m⁻² cm⁻¹) y la relación lamina:tallo fueron las variables de la pastura que más estrechamente se asociaron con el consumo animal en pastoreo (Ferri *et al.* 2011).

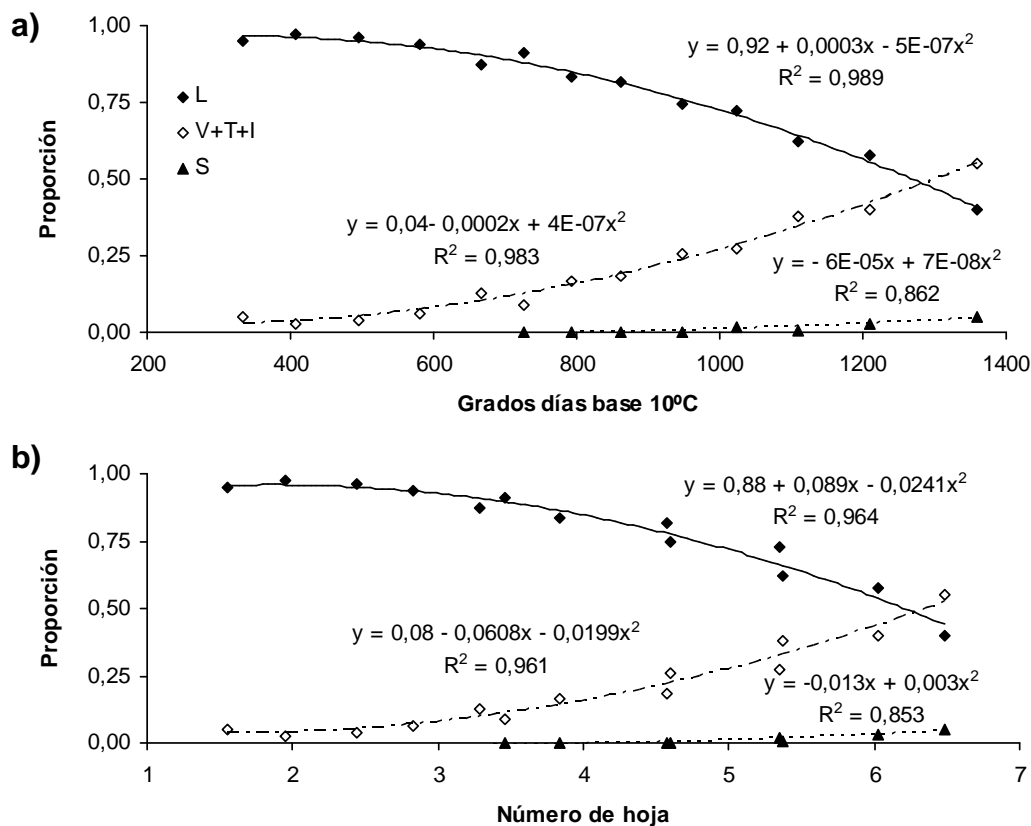


Figura 4. Partición de la materia seca entre las fracciones morfológicas lámina viva (L), vaina + tallo + inflorescencia (V+T+I) y material senescente (S) en relación con a) Grados días base 10°C y b) Número de hojas por macollo, de *Panicum coloratum*.

Relación entre la biomasa de raíz y la biomasa aérea total

La relación entre la biomasa de raíz y la biomasa aérea total decreció en forma curvilínea con GD y número de hojas acumulados por macollo (**Figura 5a y b**) y tendió a estabilizarse, luego de la expansión de la cuarta hoja, en un valor cercano a 0,7. Esto último, se explicaría a partir de la recuperación del crecimiento radical deprimido por efectos de la defoliación.

Estudios realizados en varias gramíneas C3 y C4 forrajeras demostraron que el crecimiento de las raíces se detiene dentro de las 24 horas de la remoción del 50% o más de la biomasa aérea (Richards 1993). La respiración radical y la asimilación de nutrientes, también, disminuye pero en menor magnitud que el crecimiento (Davidson y Milthorpe 1966). En raigrás perenne, Donaghy y Fulkerson (1998) demostraron que el crecimiento radical y el macollaje cesan luego de la defoliación, y se reinician en el estado foliar de 1 y 2 hojas, respectivamente.

La reducción en el crecimiento de las raíces con la defoliación podría actuar como mecanismo que favorecería la asignación de carbono a la parte aérea y, así, la recuperación de la capacidad fotosintética.

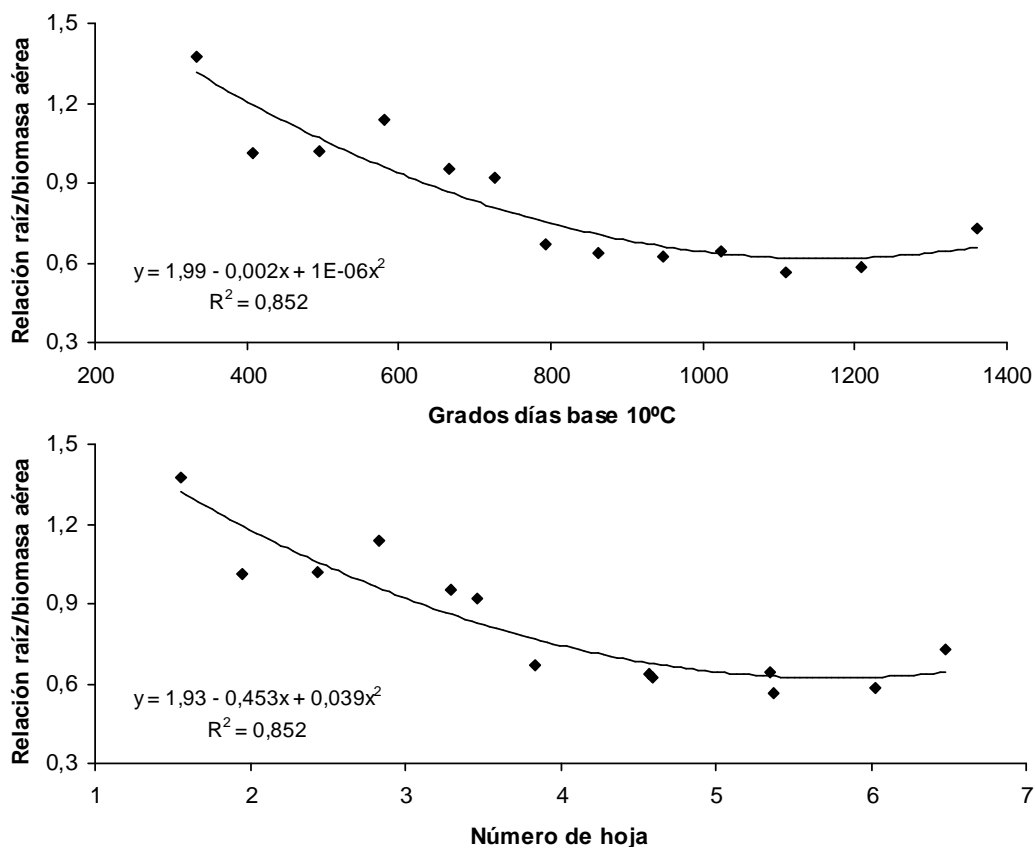


Figura 5. Relación entre la biomasa de raíz y biomasa aérea total en función de a) Grados días base 10°C y b) Número de hojas por macollo, de *Panicum coloratum*.

Proteína bruta y digestibilidad in vitro de la materia seca

En la **Figura 6a y b** se muestra la relación entre el porcentaje de PB en la MS cosechada y remanente en relación con GD y número de hojas acumuladas por macollo durante el rebrote. En la materia seca cosechada el porcentaje de PB disminuyó en forma curvilínea desde 17,0 a 4,1 con el aumento de 1,5 a 6,5 hojas expandidas. La menor concentración de PB en la MS del remanente, con respecto a la cosechada, podría ser el resultado de la menor proporción de láminas por unidad de biomasa y por un menor porcentaje de N por unidad de área de las láminas (Lemaire *et al.* 2008). Esto último explicado por la posible movilización del N, desde la base del canopeo, hacia las partes más iluminadas del canopeo.

El porcentaje de PB se ubicó por debajo del 7% luego de alcanzadas las 4,1 hojas expandidas. La concentración de N del forraje que limita el consumo es de 1,1 a 1,3% (Hennessy 1980). Los animales responden a niveles más

elevados de N en el forraje que los mencionados, pero el consumo *per se*, controlado por el metabolismo del N de los microorganismos ruminales, requiere de un mínimo de 6-8% de proteína bruta (N*6,25) para evitar su depresión. El porcentaje de PB, además, se relacionó con la MS aérea acumulada en forma potencial negativa (**Figura 7**). Varios estudios, indicaron que la concentración de nitrógeno disminuye durante el ciclo de crecimiento (Hardwick 1987, Greenwood *et al.* 1990) con el incremento en la MS acumulada. Se considera que esta disminución en la concentración de N, con el crecimiento de las plantas, se debería al efecto de “dilución” ejercido por la asimilación del carbono. Esta disminución se puede atribuir, por lo tanto, al incremento en la relación entre componentes estructurales y metabólicos durante el crecimiento (Bélanger *et al.* 2001).

Sin embargo, la acumulación de MS es una función de las condiciones de crecimiento y esto afecta la concentración de N, al modificar la proporción del componente metabólico. En situaciones donde el N deje de actuar como principal recurso limitante e intervengan otros factores (por ej., disponibilidad de agua, temperatura) deprimiendo el crecimiento determinaría aumentos en la concentración de N en la MS (Ferri *et al.* 2013), al deprimir el componente estructural. La fertilización nitrogenada podría ser utilizada como práctica de manejo para atenuar el efecto negativo de la acumulación de biomasa sobre la concentración de N, al aumentar la concentración de este elemento en el componente metabólico.

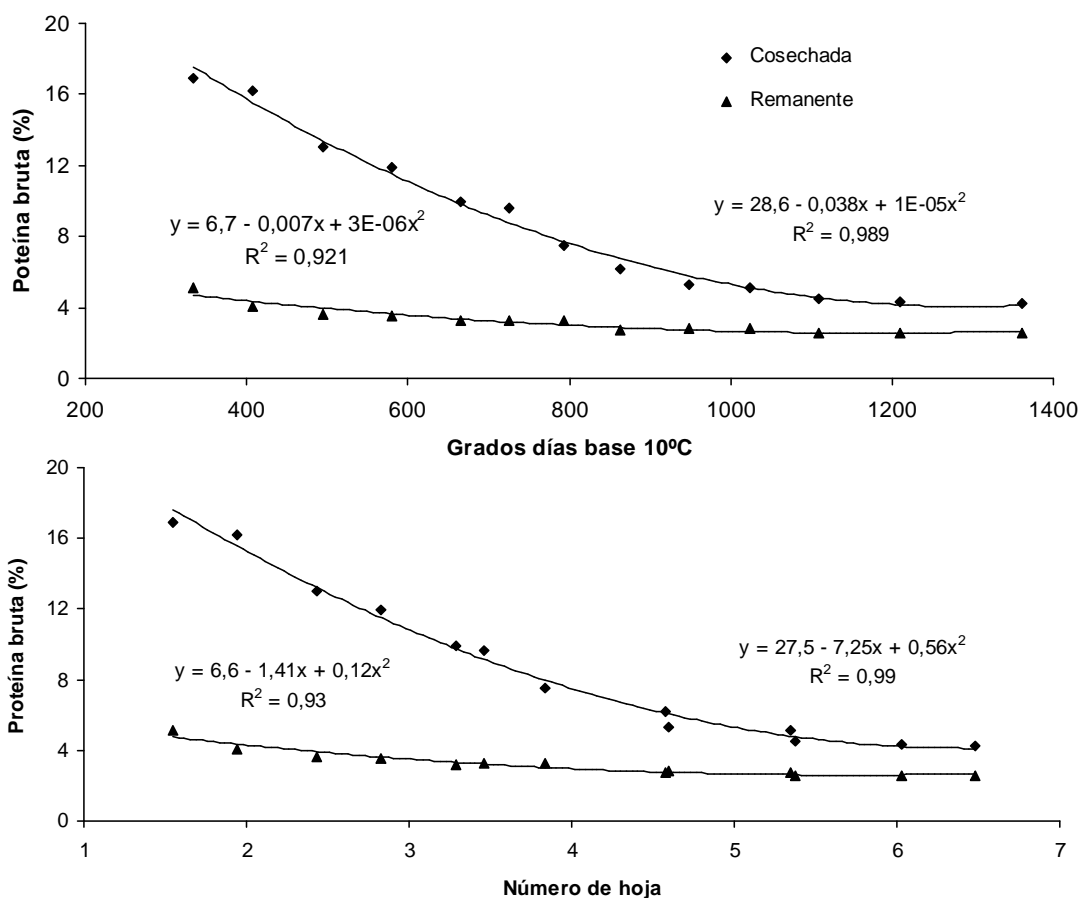


Figura 6. Proteína bruta en la materia seca cosechada y remanente en relación con a) Grados días base 10°C y b) Número de hojas por macollo, de *Panicum coloratum*.

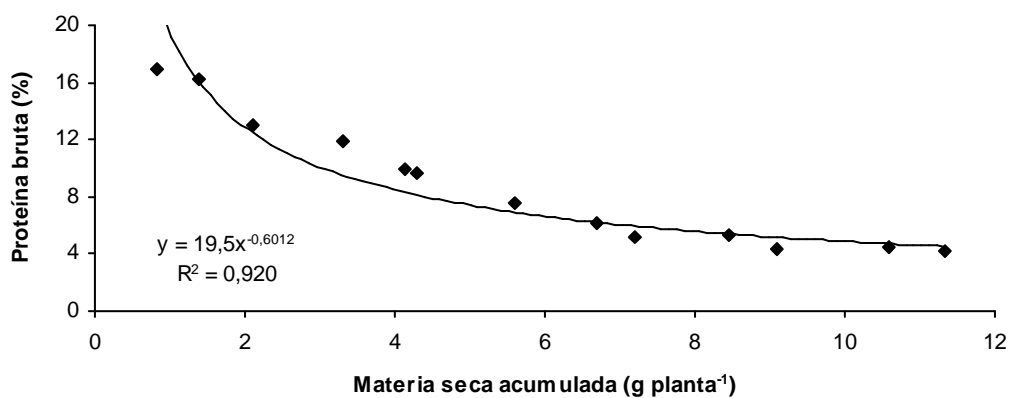


Figura 7. Proteína bruta en la materia seca aérea cosechada en relación con la materia seca acumulada por planta de *Panicum coloratum*.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca disminuyó en forma lineal con los GD y el número de hojas acumuladas (**Figura 8a y b**), siendo esta disminución de 0,024 y 4,7 unidades porcentuales para cada GD y nueva hoja expandida, respectivamente. La digestibilidad es un indicador del valor nutritivo del forraje y se asocia con el consumo de materia seca y la respuesta animal. La disminución en la DIVMS, con la cantidad de hojas expandidas, se asociaría con la disminución en la proporción de lámina e incrementos en el material senescente y pared celular. En tal sentido, Coleman *et al.* (2004) encuentran que la calidad nutricional de gramíneas C4 disminuye con el inicio de la elongación de los tallos. Además, Dabo *et al.* (1987) infieren que la calidad del forraje disminuye, con el avance en la madurez de las plantas, debido a la reducción en la tasa de crecimiento de los macollos que envejecen. En consecuencia, la proporción de tejidos nuevos se diluye con los tejidos viejos de menor calidad.

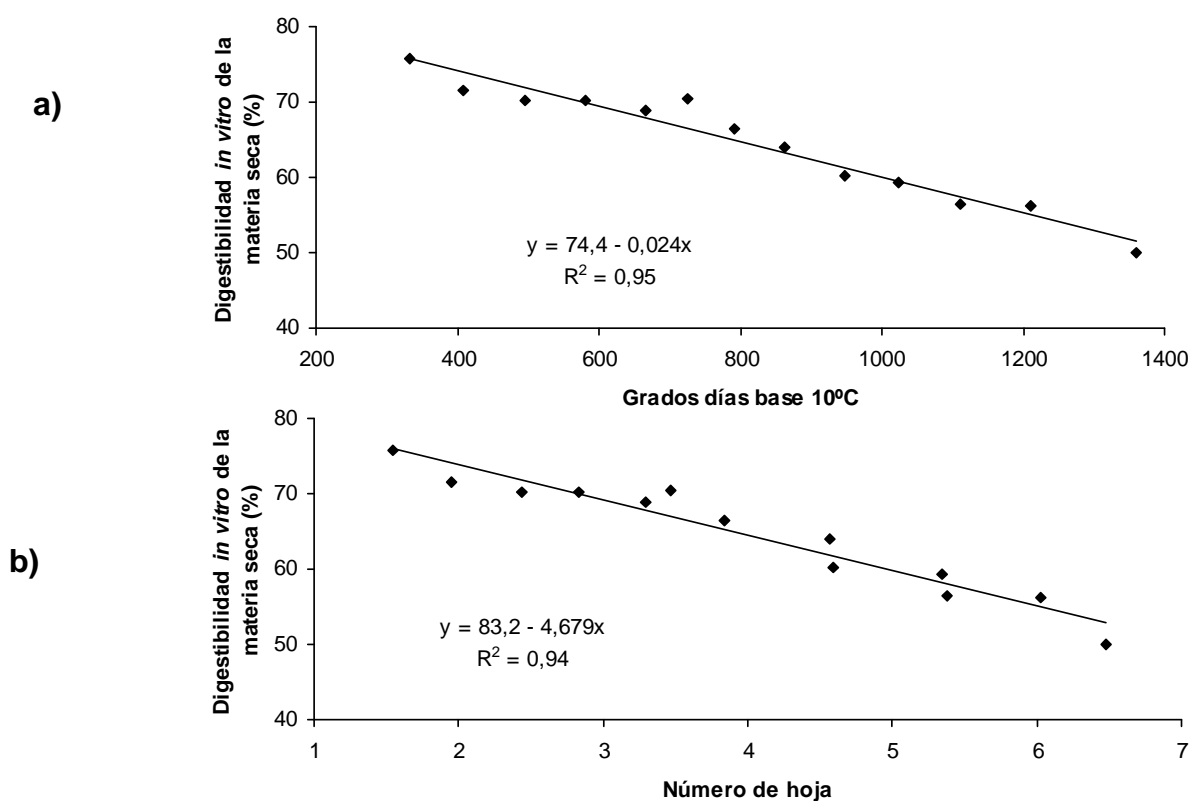


Figura 8. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca cosechada y remanente en relación con a) Grados días base 10°C y b) Número de hojas por macollo, de *Panicum coloratum*.

Concentración y contenido de carbohidratos no estructurales

La concentración y el contenido de CNE incrementaron linealmente con el número de hojas (**Figura 9a y b**), sin alcanzar un *plateau*, aunque la relación

mejoró con la segunda forma de expresión. Este incremento en los CNE podría ser consecuencia del aumento en el área foliar y la consecuente actividad fotosintética.

La tasa de acumulación de carbohidratos no estructurales en la planta surge del balance entre la entrada a través de la fotosíntesis (fuente) y las salidas para el crecimiento y respiración (destino). Por lo que, el almacenaje de CNE puede ser afectado por la radiación solar incidente (nubosidad, longitud del día, densidad de la cubierta de la pastura) y las necesidades de energía de la planta para la respiración (temperatura y biomasa) y crecimiento.

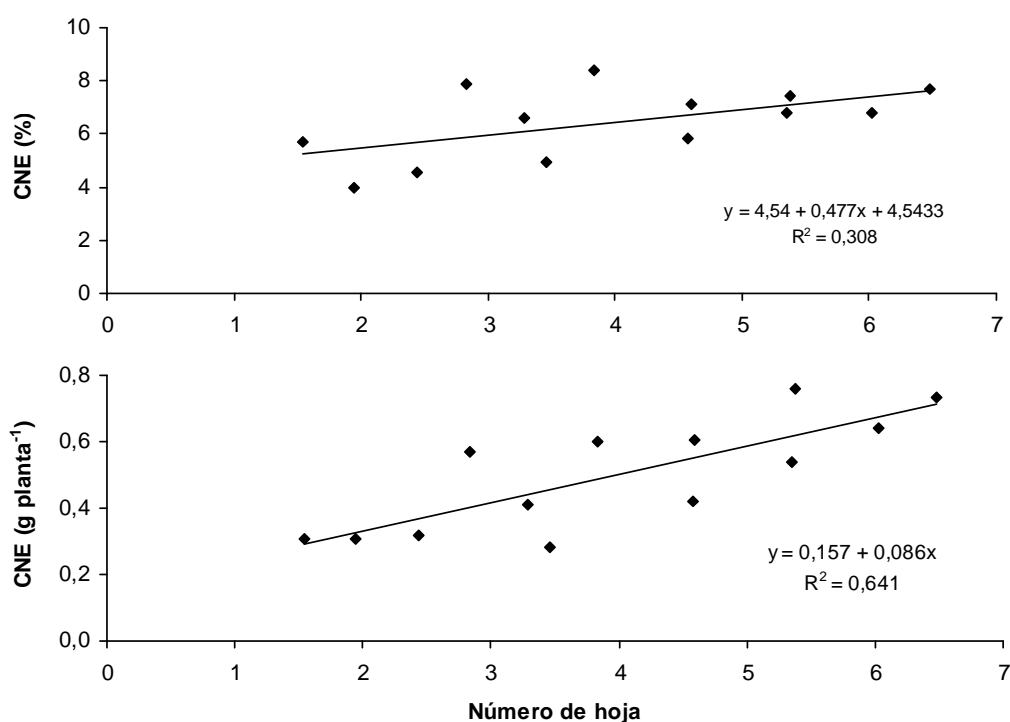


Figura 9. a) Concentración y b) Contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en relación con el número de hojas por macollo, de *Panicum coloratum*.

Conclusiones

Los resultados sugieren que, la tasa de aparición de hojas, la longitud acumulada de lámina viva y senescente, la partición de la materia seca entre fracciones morfológicas y la relación entre biomasa de raíz y biomasa aérea total pueden ser predichas, tanto a partir del tiempo térmico como del número de hojas acumulado por macollo luego del rebrote. Las variables relacionadas con el valor nutricional del forraje (proteína bruta y digestibilidad *in vitro* de la materia seca) y la concentración y el contenido de carbohidratos no estructurales pueden ser predichas de la misma forma.

El umbral en la concentración de proteína bruta en la materia seca cosechada, por sobre los 8 cm desde el nivel del suelo, por debajo del cual se

limita el consumo (7%) se alcanzó cuando se supera el estado foliar de 4 hojas por macollo. Sin embargo, la concentración proteica en la MS podría depender, además del estado foliar, de las condiciones edafo-climáticas y de las prácticas de manejo (por ej., fertilización).

La tasa de elongación foliar se mantuvo constante hasta, aproximadamente, los 800 GD (ó 4 hojas), para luego decrecer. Mientras que, la senescencia foliar se inició alrededor de los 700 GD y al estado de 3,5 hojas luego del rebrote. La relación entre la biomasa de raíz y la biomasa aérea total decreció durante el rebrote y tendió a estabilizarse, luego de la expansión de la cuarta hoja.

En el estado foliar de 4 hojas, el porcentaje de lámina y de DIVMS fue de 84% y 64%, respectivamente, con muerte foliar incipiente (3,4%) y 0,50 g planta⁻¹ (6,5%) de CNE en la base de los macollos.

El número de hojas por macollo puede ser un criterio adecuado para determinar el intervalo de la defoliación de pasturas de mijo perenne, al considerar el desarrollo morfológico de las plantas y la vinculación de este último con efectos ambientales y de manejo. Sin embargo, se requieren estudios para determinar la estabilidad del indicador bajo condiciones variables de intensidad de defoliación y del ambiente.

Bibliografía

- Bélanger G., Michaud R., Jefferson P.G., Tremblay G.F y Brégar A. 2001. Improving the nutritive value of timothy through management and breeding. *Canadian Journal of Plant Science* 81:577-585.
- Chacon E.A. y Stobbs T.H.. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward in the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 27:709-727.
- Coleman S.W., Moore J.E. y Wilson J.W. 2004. Quality and utilization. p. 267 – 308. *In Moser, L.E. et al. (ed.) Warm season grasses*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Davidson J.L. y Milthorpe F.L. 1966. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. *Annals of Botany* 30:185–198.
- Dabo S.M., Taliaferro C.M., Coleman S.W., Horn F.P. y Claypool P.L. 1987. Yield and digestibility of old world bluestem grasses as affected by cultivar, plant part and maturity. *Journal Range Management* 40:10-15.
- Donaghy D.J. y Fulkerson E.J. 1998. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne* (L). *Grass Forage Science* 53:211-218.

- Evers G.W. y Holt E.C. 1972. Effects of defoliation treatments on morphological characteristics and carbohydrate reserves in kleingrass (*Panicum coloratum* L.). *Agronomy Journal* 64:17-20.
- Ferri C.M., Stritzler N.P. y Pagella H.J. 2008. Tasa de aparición de hojas durante tres temporadas de crecimiento en *Panicum coloratum* L. cv Verde. *Revista Argentina de Producción Animal* 28:193-200.
- Ferri C.M., Brizuela M.A. y Stritzler N.P. 2011. Pasturas diferidas de mijo perenne y consumo de material orgánica por ovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal* 31:29-38.
- Greenwood D.J., Lemaire G., Gosse G., Cruz P., Draycott A. y Neetesons J.J. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66:425-436.
- Hardwick R.C. 1987. The nitrogen content of plants and the self-thinning rule of plant ecology: a test of the core-skin hypothesis. *Annals of Botany* 60:439-46.
- Hennessy D.W. 1980. Protein nutrition of ruminants in tropical areas of Australia. *Tropical Grasslands* 14:260-265.
- Holt E.C., Cain J.R. y Hendler R.J. 1985. Evaluation and management of grasses for dual livestock and game bird use. *Journal of Range Management* 38:342-346.
- Lemaire G., Jeuffroy M-H. y Gastal F. 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy* 28:614-624.
- Pelletier S., Tremblay G., Bertrand A., Belanger G., Castonguay Y. y Michaud R. 2010. Drying procedures affect non-structural carbohydrates and other nutritive value attributes in forage samples. *Animal Feed Science and Technology* 157:139-150.
- Richards J.H. 1993. Physiology of plants recovery from defoliations. *In*: Baker M.J. (ed.). *Grasslands for Our World*. SIR Publising. Wellington, pp. 46-54.
- Sanderson M.A., Voigt P. y Jones R.M. 1999. Yield and quality of warm-season grasses in central Texas. *Journal of Range Management* 52:145-150.
- Stobbs, T.H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of agricultural Research* 24:809-819.
- Slafer G.A. y Rawson H.M. 1997. Phyllochron in wheat as affected by photoperiod under two temperature regimes. *Australian Journal of Plant Physiology* 24:151-158.

Xue Q., Weiss A. y Baezinger P.S. 2004. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. *Ecological Modeling* 175:261-270.

Briske y Richards 1995

Skinner y Moore 2007,

Lemaire *et al.* 2009

Turner *et al.* 2006,

Pembleton *et al.* 2009

Agnusdei *et al.* 2010

Poppi *et al.* 1981

Boonman 1971

Benvenuti *et al.* 2008).

Agnusdei y Wade 2001),

Evers y Holt 1972,

Porter y Gawith 1999

Van Esbroeck *et al.* 1997

Skinner y Nelson 1995).

Van Esbroeck *et al.* 1997).

Ferri *et al.* 2013),)