

# Longitud de la vaina como determinante de la calidad de hojas de *Festuca arundinacea* durante un período de rebrote

INSUA, J.R.<sup>1,2,3</sup>; DI MARCO, O.N.<sup>3</sup>; AGNUSDEI, M.G.<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se evaluó la calidad nutritiva de las láminas de rebrotes de *Festuca arundinacea* provenientes de dos tratamientos de corte de distinta altura de remanentes (40 mm y 100 mm). El experimento se realizó en 500 macetas al aire libre sin limitantes hídricas ni de N y P, en un diseño completamente aleatorizado (n=3) en la primavera-verano 2011-2012. Se midió la tasa de Elongación Foliar (TEF), Intervalo de Aparición de Hoja (IAH), Vida Media Foliar (VMF), Número de Hojas Vivas (NHV) y largo de lámina y vaina en 15 macollos marcados por tratamiento. Paralelamente, se realizaron tres cosechas destructivas de 6 macetas/tratamiento/repetición, cuando la pastura tenía 2, 3 y 4 hojas acumuladas por macollo (2H, 3H y 4H, respectivamente). En las láminas se determinó el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN), la digestibilidad de la FDN (DFDN) y la Digestibilidad Aparente de la Materia Seca (DAMS) a 24 h de incubación *in vitro* (digestor DaisyII, ANKOM). Las variables de morfogénesis se analizaron como medidas repetidas en el tiempo, y las de calidad ajustando funciones de regresión con la edad y largo foliar. Las comparaciones se realizaron mediante análisis de variables Dummy y ANVA (Tukey). La temperatura media diaria del rebrote fue de 19,7±3° C. La altura del remanente afectó la morfogénesis, estructura foliar y la calidad de las láminas del rebrote. El remanente más bajo produjo un rebrote con vainas más cortas (65 vs. 130 mm), láminas de menor longitud (444 vs. 629 mm), de menor TEF (16 vs. 25 mm.día<sup>-1</sup>) e IAH (275 vs. 354°Cd), sin diferenciarse en VMF (629±34 GDC). También tuvo más hojas vivas por macollo (2,5 vs. 2,0 hojas vivas.macollo<sup>-1</sup>) y láminas de mayor calidad. Estas tuvieron un aumento del 16% en la DFDN, de 9% en la DAMS y similar FDN (62,3±0,6%). Se concluye que los cambios ocasionados por la reducción del tubo de vainas en la morfogénesis, en la estructura foliar y en la digestibilidad de la fibra favorecen la calidad del rebrote.

**Palabras clave:** altura de remanente, VMF, FDN, DFDN, edad foliar, largo de lámina.

## ABSTRACT

Leaf blade nutritional quality of two regrowths of *Festuca arundinacea* differing in stubble height (40 mm and 100 mm) was evaluated during spring-summer (2011-2012). The experiment was conducted outdoor without limitations of water, N and P, in 500-pots arranged in a completely randomised design (n=3). The leaf elongation rate (LER), leaf appearance interval (LAI), leaf life span (LLS), number of living leaves (NLL) and length of

<sup>1</sup>Becario doctoral de CONICET.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Correo electrónico: insua.juan@inta.gov.ar

the leaf blade and sheath were measured in 15 marked tillers per treatment. In parallel, three destructive harvests of 6 pots/treatment/replicate were performed when two, three and four leaves were accumulated per tiller (2L, 3L and 4L, respectively). The NDF, NDF digestibility (NDFD) and the DM apparent digestibility (DMD) were determined in leaf blades, by *in vitro* 24 h-incubation (Daisy<sup>II</sup> digester). Parameters of morphogenesis were evaluated using repeated measures analysis and those of quality were analysed by regression functions with leaf age and length and dummy variables. The mean values of treatments in each leaf stage were compared by ANOVA (Tukey). The mean daily temperature of regrowth was  $19.7 \pm 3$  °C. Stubble height affected leaf morphogenesis, structure and quality. The lower stubble height regrowth showed a shorter sheath tube length (65 vs 130 mm), leaf blade length (444 vs 629 mm), LER (16 vs 25 mm.day<sup>-1</sup>) and LAI (275 vs 354°Cd), but similar LLS (629±34 GDD). It is also had higher NLL (2.5 vs 2.0) and leaf blades of higher quality. NDFD increased 16% and DMD 9%, but NDF did not differ between treatments (62.3±0.6%). It is concluded that changes occasioned by reduction of sheath tube length on leaf morphogenesis, sward structure and fiber digestibility favour the nutritional quality of regrowth.

**Keywords:** stubble height, LLS, NDF, NDFD, leaf age, leaf blade length.

## INTRODUCCIÓN

*Festuca alta* (*Festuca arundinacea* Schreb.) es una especie de gramínea con excelente producción de forraje cuya calidad puede verse gravemente afectada si no es manejada adecuadamente (Milne, 2009). Es conocido que la calidad de todas las especies forrajeras disminuye con el avance del estado fenológico, pero es menos evidente que también ésta declina durante el estado vegetativo del rebrote de la pastura. Dicha pérdida de calidad observada en las hojas vivas de un rebrote es consecuencia de la ocurrencia de un proceso continuo de caída de Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DFDN) asociado al avance de la edad de los tejidos y al aumento del largo de las hojas (Groot y Neuteboom, 1997; Agnusdei *et al.*, 2012; Insua *et al.*, 2012, 2013; Di Marco *et al.*, 2013). Por otra parte, cuando la hoja comienza a senescer se desencadena una aguda caída de calidad (Insua *et al.*, 2012) debido a la pérdida de compuestos celulares inherente a este proceso.

El ajuste de la frecuencia de defoliación en función del tiempo que tardan las hojas en comenzar a senescer es una medida práctica recomendada para optimizar la producción y la calidad del forraje consumido por los animales (Fulkerson y Donaghy, 2001). Por su parte, dado que el largo de las hojas es controlado por la longitud del tubo de vainas que atraviesan las hojas en crecimiento (Skinner y Nelson, 1995), la reducción de su longitud a través de la altura de defoliación es una vía propuesta para manejar indirectamente la calidad del forraje (Duru y Ducrocq, 2002).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la factibilidad de aumentar la calidad de un rebrote de primavera de *F. arundinacea* a través de la reducción inicial del tamaño de vaina. A tal fin se analizó el efecto de dos remanentes de corte de distinta altura, sobre la morfogénesis, estructura y calidad de las hojas durante un período de rebrote.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA de Balcarce (sudeste Bonaerense, 37° 45' S; 58° 18' W) durante un rebrote de primavera-verano (2011-2012) de *F. arundinacea* Schreb. (cv El Palenque Plus INTA). Las plantas crecieron en 500 macetas (20 cm de diámetro x 40 cm de alto) al aire libre sin limitantes hídricas ni nutricionales. La siembra se llevó a cabo el 04 de agosto de 2009 en un sustrato extraído del horizonte A de un suelo Argiudol típico, con un diseño completamente aleatorizado de tres repeticiones (DCA, n=3). Se aplicó riego por aspersión hasta capacidad de campo, y se realizó una fertilización inicial con 150 kg N ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio calcáreo (0,6 mg maceta<sup>-1</sup>) y 50 kg P ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (0,2 mg maceta<sup>-1</sup>), más fertilizaciones semanales de 35 kg N ha<sup>-1</sup> de nitrato de amonio calcáreo (0,14 mg maceta<sup>-1</sup>) durante todo el ensayo.

Entre el 05 de septiembre de 2011 y 27 de octubre de 2011 (primavera temprana) se realizó un período pre-experimental de modo de generar dos tratamientos de largo de vainas. Para ello las plantas fueron cortadas aproximadamente cada 20 días (3 cortes) dejando dos alturas remanentes (R): 40 mm (R40) y 100 mm (R100). Ambos tratamientos presentaron suficiente biomasa foliar (35±5% de láminas foliares) como para garantizar un rápido crecimiento inicial del rebrote. Las alturas de corte aplicadas fueron elegidas por representar un rango normalmente alcanzado por ganado vacuno en pastoreo, y de manera de incluir un nivel de remoción intensa de forraje entre fin de invierno e inicio de primavera (i.e. ~40-50 mm de remanente), el cual es recomendado para promover altas producciones de forraje vegetativo durante el crecimiento estacional subsiguiente (Milne, 2009).

El período de muestreo de calidad se extendió del 27 de octubre de 2011 al 10 de febrero de 2012. En 15 macetas

de las 250 disponibles por tratamiento se marcó un macollo adulto (15 macollos totales/tratamiento) para monitorear tri semanalmente la morfogénesis foliar. Los registros realizados fueron: Intervalo de Aparición de Hojas (IAH), Tasa de Elongación Foliar (TEF), Vida Media Foliar (VMF) y Número de Hojas Vivas por macollo (NHV). La VMF se midió como los GDC acumulados desde la aparición de la lámina visible y el comienzo de la senescencia. Conjuntamente, en el momento en que apareció la 2a, 3a y 4a hoja completamente expandida (denominados en adelante estado de hoja 2H, 3H y 4H, respectivamente) se realizaron cosechas de biomasa sobre 6 macetas elegidas al azar en cada tratamiento y repetición. Una de ellas se destinó para el análisis de la calidad del conjunto de láminas. Las 5 restantes se usaron para evaluar el efecto de la edad y el largo foliar sobre la calidad de láminas individuales. En cada momento de cosecha (i.e. 2H, 3H y 4H) las láminas se agruparon por categoría de edad: recién expandida (o lígula visible), adulta y pre-senescente. Las láminas y vainas se midieron y pesaron por separado.

El material vegetal se liofilizó y molió con un molino tipo Cyclotec con malla de 1 mm y se llevó a laboratorio para análisis de contenido (en %) de FDN (Van Soest *et al.*, 1991), e incubación a 24 h en digestor Daisy<sup>II</sup> para determinar Digestibilidad de la FDN (DFDN) y Digestibilidad Verdadera de la Materia Seca (DVMS). La DVMS se convirtió en digestibilidad aparente (%), DAMS) restando el factor metabólico 11,9 propuesto por Van Soest (1994).

Adicionalmente, se realizaron registros de temperatura a lo largo del día mediante Data Loggers (Spectrum Technologies Inc., East-Plainfield, IL, USA) ubicados en la base de las plantas de 4 macetas. La información se usó para determinar la temperatura media diaria (TMD) y calcular sumas térmicas (GDC, temperatura base de 4° C). La TMD fue de 19,7±3° C con una temperatura mínima y máxima promedio de 13,9±3 y 27,5±3° C, respectivamente.

Las variables de morfogénesis se analizaron como mediciones repetidas en el tiempo. La calidad del conjunto de láminas se evaluó estadísticamente mediante ANVA para un diseño DCA de dos factores (tratamiento – R40 y R100 – y estado de hoja – 2H, 3H, 4H –) con tres repeticiones (n=3); las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (p<0,05). Se ajustaron funciones entre calidad vs. la edad (GDC) o el largo de lámina; las comparaciones se realizaron mediante variables *Dummy*. Se emplearon los procedimientos GLM y REG de la versión 8 del paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

## RESULTADOS

### Largo foliar

La longitud del tubo de vainas al inicio del rebrote fue de 35±2 mm en R40 y 90±4 mm en R100. En ambos, el largo del tubo de vainas se incrementó 74,8±16,6 mm durante todo el rebrote a una tasa de 0,1±0,02 mm cada 20 °Cd, sin diferencias entre tratamientos (p>0,08). El largo de lámina promedio fue menor en R40 que en R100 (p<0,001), con

valores de 444±15 y 629±15 mm, respectivamente. La relación entre el largo del tubo de vainas y de lámina se ajustó ( $R^2=0,84$ ) a una función del tipo sigmoidea (figura 1). Según esta función, el largo de lámina aumentó con la vaina hasta alcanzar un máximo de 587 mm cuando el tubo de vainas llegó a ~120 mm. Si bien posteriormente el tubo de vainas continuó aumentando durante el período de rebrote, las láminas que fueron apareciendo no aumentaron de longitud.

### Morfogénesis foliar

Los tratamientos determinaron un aumento en el NHV y una reducción en el IAH de R40 respecto de R100, no obstante, no se determinaron modificaciones en la VMF. El aumento en la producción de hojas de R40 fue compensado por una reducción en la TEF (tabla 1).

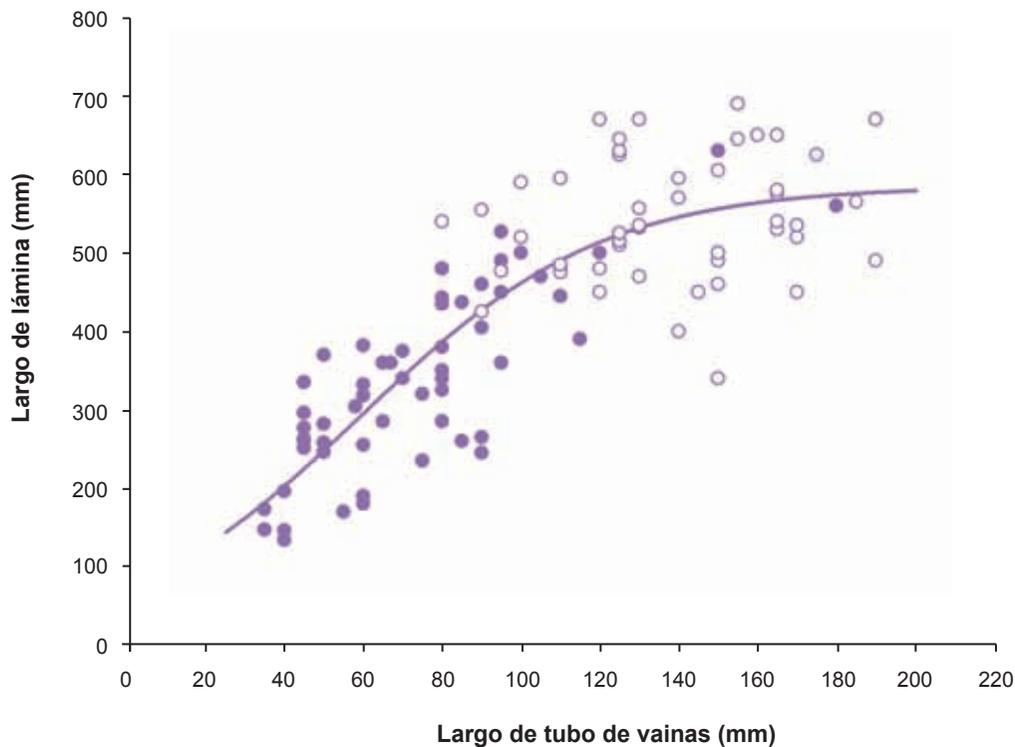
Parámetros	R40	R100	EE
VMF(°Cd)	640 a	617 a	34
TEF (mm día <sup>-1</sup> macollo <sup>-1</sup> )	16 b	25 a	0,86
IAH (°Cd)	275 b	354 a	18
NHV (hojas macollo <sup>-1</sup> )	2,5 a	2,0 b	0,16

**Tabla 1.** Variables de morfogénesis foliar de *F. arundinacea* en rebrotes provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte (40 y 100 mm). Letras diferentes significan diferencias significativas (p<0,05). EE: Error estándar de la media (n=3).

### Calidad nutritiva

Durante el período de rebrote la DAMS y la DFDN de los macollos disminuyeron con el incremento en el número de hojas acumuladas (estados de hoja 2H, 3H y 4H) en ambos tratamientos (p<0,001), pero R40 mostró mayor DAMS (~9%) y DFDN (~16%) sin diferenciarse (p>0,05) en contenido de FDN (62,3±0,6%). La senescencia también aumentó con la acumulación de hojas en ambos tratamientos (tabla 2). Por ejemplo, cuando los macollos tenían 3H, había una hoja seca en R100 y media hoja seca en R40, lo cual representaba el 30% y 7,9% del largo foliar total, respectivamente.

En las láminas individuales de los macollos el contenido de FDN se mantuvo relativamente constante (p>0,6) durante la VMF, sin diferencias entre tratamientos (59,3±1,2%). Es decir, el contenido de FDN no varió mientras las hojas permanecieron verdes, independientemente de la categoría de edad. En cambio la DFDN disminuyó con la edad de la hoja (figura 2a) y con el aumento de largo foliar entre generaciones sucesivas de hojas del rebrote (figura 2b), sin diferencias entre tratamientos (p>0,41). La disminución de la DFDN de las láminas fue lineal con la edad térmica (p<0,0001). En cambio, la DFDN mostró una relación cuadrática negativa (p<0,008) con el largo foliar, debido a que disminuyó los primeros 500 mm (a 0,6±0,2 cada 10 mm) y luego se estabilizó en una asíntota de ~42% DFDN.



**Figura 1.** Relación entre el largo de lámina y del tubo de vainas de hojas recientemente expandidas durante el rebrote de pasturas de *F. a arundinacea* provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte (R40, ● y R100, ○ mm).  $y = 587 / (1 + (e^{-\frac{x-59}{31}}))$ ;  $R^2=0,84$ ; error estándar: 77,3.

Estado de hoja	GDC		N.º hojas senescentes		% senescencia		FDN		DAMS		DFDN	
	R40	R100	R40	R100	R40	R100	R40	R100	R40	R100	R40	R100
2H	485	587	0	0	0,5±0,3 a	2,6±2,9 a	58,2±0,8 a	60,7±1,1 a	57,8±2,6 a	51,3±1,0 b	47,9±5,2 a	39,3±2,7 b
3H	723	1136	0,5	1	7,9±2,4 b	30±3,5 a	61,7±1,3 a	63,8±1,8 a	52,5±2,3 a	44,5±1,8 b	42,3±3,1 a	31,7±1,2 b
4H	1449	1498	1,5	2	38±9,1 a	38±3,1 a	64,8±0,9 a	64,8±2,3 a	42,5±1,7 a	44,1±2,9 a	29,6±2,7 a	32,0±3,8 a

**Tabla 2.** Senescencia (%) y calidad (%) del total de láminas acumuladas (H) por macollo, en rebrotes de *F. arundinacea* provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte (40 y 100 mm). Letras diferentes significan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). ±: Error estándar de la media (n=3).

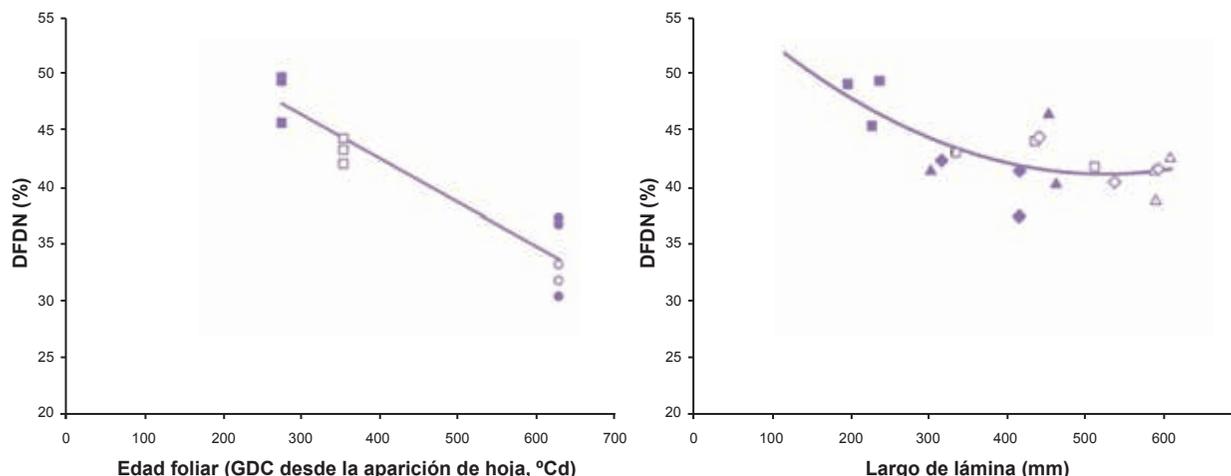
### DISCUSIÓN

En base a que la calidad del forraje disminuye a medida que aumenta el largo de las hojas (Groot y Neuteboom, 1997; Duru y Ducroq, 2002; Agnusdei *et al.*, 2012), el presente estudio buscó evaluar si plantas de festuca alta que producen láminas cortas en respuesta al manejo de la defoliación presentan mayor calidad del forraje que plantas de hojas largas durante el crecimiento de primavera. Los resultados obtenidos muestran que el acortamiento de las vainas determinó cambios en la morfogénesis y estructura de las hojas que se tradujeron en una mayor digestibilidad de la fibra y calidad del forraje (tabla 2), sin afectar la producción total por unidad de superficie (datos no presentados).

### Morfogénesis y estructura foliar

La menor altura de remanente (R40) aplicada en el periodo pre-experimental permitió lograr plantas con vainas 56 mm más cortas que el tratamiento más laxo (R100), hecho que se tradujo en una reducción de ~30% en la longitud promedio de las láminas que aparecieron durante el rebrote subsiguiente respecto de R100 (figura 1). Estos resultados muestran la efectividad que tuvieron los tratamientos de remanente aplicados para modificar la conformación estructural de las plantas.

Los cambios morfológicos y estructurales ocasionados por la reducción de la altura de remanente produjeron un



**Figura 2.** Disminución de la DFDN con la edad foliar (a) y largo de lámina (b) de hojas de rebrotes de *F. arundinacea* provenientes de remanentes (R) de dos alturas de corte, 40 (negro) y 100 mm (blanco). En a: hojas recientemente expandidas, ■□ y pre-senescentes, ●○.  $y = -0,039x (\pm 0,005) + 58 (\pm 2,3)$ ,  $R^2=0,88$ ,  $p<0,0001$ . En b: hojas recientemente expandidas en los estados 2H, ■□; 3H, ▲△; 4H, ◆◇.  $y = 0,00008x^2 (\pm 0,00005) - 0,11x (\pm 0,06) + 78 (\pm 15)$ ,  $R^2=0,47$ ,  $p<0,008$ .

efecto no esperado sobre la edad del material cosechado en cada tratamiento. Como ambos tratamientos se cosecharon en función al número de hojas acumuladas por macollo (estado de hojas, Fulkerson y Donaghy, 2001), la mayor frecuencia con que aparecieron las hojas en R40 (<AHI) provocó que las cosechas (H2, H3 y H4) se realizaran antes (<GDC) que en R100 (tabla 2). En consecuencia, las hojas cosechadas en R40 resultaron de menor edad que las de R100.

La VMF fue el único parámetro de morfogénesis que no fue afectado por la altura de remanente (tabla 1) indicando que la senescencia comenzó en ambos tratamientos a partir de ~630 GDC desde el inicio del rebrote. La VMF es importante como criterio de manejo del pastoreo orientado a evitar las pérdidas de producción y calidad de forraje por senescencia (Fulkerson y Donaghy, 2001). El valor observado en este experimento resultó similar al reportado por Insua *et al.* (2012) para el mismo cultivar en verano, lo cual corrobora que la VMF es un parámetro inherente al cultivar e independiente de la temperatura diaria y del manejo de la defoliación (Lemaire y Chapman, 1996).

### Calidad de las hojas

La calidad de las láminas durante el rebrote disminuye por tres causas: aumento de la edad durante la VMF, incremento del largo foliar entre las hojas sucesivamente aparecidas del rebrote, y senescencia (Groot y Neuteboom, 1997; Agnusdei *et al.*, 2012; Di Marco *et al.*, 2013). De estas tres variables, la senescencia es la principal fuente de pérdida de calidad foliar debido a que determina un aumento pasivo de FDN por translocación de compuestos solubles, y una caída de la DFDN (Insua *et al.*, 2012). Como fue mencionado en la sección previa, con la altura de remanente no sólo se logró afectar el largo foliar sino que

también se logró incidir indirectamente en la edad y, por ende, en la senescencia del conjunto de láminas cosechado. Esto se reflejó efectivamente en una mejora de 16% en DFDN y de 9% en DAMS del promedio de las cosechas de R40 con respecto a R100, sin diferencias en FDN (tabla 2).

Para determinar en qué medida las mejoras en calidad observadas en R40 se debieron al efecto de producir láminas de hojas más cortas, se comparó la DFDN de ambos tratamientos durante la VMF (i.e. H2), momento en que la calidad sólo disminuye por variaciones en DFDN con la edad y largo foliar (Insua *et al.*, 2012). En H2, la disminución de la altura de remanente ocasionó un aumento en la DFDN de las láminas de 8,6 puntos (tabla 2). Según la ecuación de la figura 2a, estas diferencias entre tratamientos se explicarían en un ~50% (4 puntos) por efecto de la edad foliar como consecuencia de cosechar R40 unos 102 GDC antes que R100 (tabla 2). El ~50% de las diferencias restantes (4,6 puntos) se debería al efecto del largo foliar sobre la DFDN (figura 2b). De estos cálculos surge que la reducción de la altura de remanente aumenta la DFDN de las hojas cosechadas a través de dos efectos: un efecto morfogénico que permite cosechar tejido foliar de menor edad a un mismo estado de hoja (e.g. H2, H3); y un efecto directo sobre la DFDN por disminución del largo de lámina de las hojas.

Un dato interesante a destacar es que las tasas de pérdida de DFDN con la edad y el largo foliar fueron similares a las reportadas en trabajos previos con el mismo cultivar en diferentes épocas del año (Insua *et al.*, 2012, 2013). Estos resultados muestran la importancia de la senescencia (o VMF) y del largo foliar como determinante de la calidad de pasturas en estado vegetativo. Por lo tanto, una "buena práctica de manejo" para producir forraje de alta calidad con festuca alta consistiría en defoliar el rebrote antes de los 500-600 GDC (2-3 hojas vivas) dejando un remanente de defoliación de 35-45 mm.

## CONCLUSIÓN

La reducción de la longitud del tubo de vainas al inicio del rebrote por medio del control de la altura de remanente incide en la morfogénesis, estructura y calidad de la pastura durante su desarrollo vegetativo. Así es que, la reducción de la altura de corte del remanente produce una pastura con mayor número de hojas por macollo, con hojas más cortas y de mayor digestibilidad. Este simple criterio de manejo de la defoliación es una herramienta sencilla para controlar la pérdida de calidad de una pastura en estado vegetativo.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M.G.; DI MARCO, O.N.; NENNING, F.R.; AELLO, M.S. 2012. Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by leaf age and length. *Crop and Pasture Sci.* 62: 1098–1105.
- DI MARCO, O.N.; HARKES, H.; AGNUSDEI, M.G. 2013. Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación a la edad y longitud de las hojas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 39:105–110.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. 2002. A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Sci.* 42: 214–223.
- FULKERSON, W.J.; DONAGHY, D.J. 2001. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for perennial ryegrass: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 41: 261–275.
- GROOT, J.C.; NEUTEBOOM, J.H. 1997. Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *J. Sci. Food Agric.* 75: 227–236.
- INSUA, J.R.; DI MARCO, O.N.; AGNUSDEI, M.G. 2013. Calidad nutritiva de láminas de “festuca alta” (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 39(3): 267–272.
- INSUA, J.R.; AGNUSDEI, M.G.; DI MARCO, O.N. 2012. Calidad nutritiva de láminas de dos cultivares de “festuca alta” (*Festuca arundinacea* Schreb). *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 38(2): 190–195.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *En: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) The ecology and management of grazing system.* CAB International. pp. 3–36.
- MILNE, G.D. 2009. Management in New Zealand, Australia, and South America. In: Fribourg, H.A.; Hannaway, D.B.; West, C.P. (eds.). *Tall fescue for the Twentyfirst Century.* Agron. Monogr. 53. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp.101-118.
- SAS. 2001. *SAS/STAT® User's guide (Release 8.0).* SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Sci.* 35: 4–10.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* Cornell University Press, Ithaca, NY. 476 p.
- VAN SOEST P.; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dietary Sci.* 74: 3583–3597.