

## **Digestibilidad de la fibra y materia seca de dos gramíneas megatérmicas (*Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*) de diferente porte: Relación con la edad y largo foliar**

*Fiber and dry matter digestibility of two tropical grasses  
(Chloris gayana and Cenchrus ciliaris) differing in leaf length:  
The relationship with leaf age and length*

**Avila<sup>1</sup>, R.E., Di Marco<sup>2</sup>, O.N., Agnusdei<sup>3</sup>, M.G. y Mayoral<sup>4</sup>, C.**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce  
Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata

---

### **Resumen**

Se estudió la acumulación de fibra detergente neutro (FDN), FDN indigestible (FDNi) y digestibilidad *in vitro* aparente de la MS (DMS) en relación a la edad y largo foliar de láminas de dos gramíneas tropicales. Se utilizaron dos morfotipos forrajeros de tamaño potencial mediano (*Cenchrus ciliaris*, CC) y grande (*Chloris gayana*, CG), creciendo en invernáculo (EEA INTA Balcarce) sin limitantes de agua, nitrógeno y fósforo. La temperatura promedio fue de 24°C±3. Se establecieron micropasturas (11/02/2008 al 7/04/2008) en macetas de plástico (30 x 40 cm) dispuestas en un diseño en bloques de 132 macetas por bloque (3 bloques). Los grados días de crecimiento (GDC) se calcularon a partir de una temperatura base de 12°C. A lo largo de un ciclo completo de rebrote se realizaron 5 cosechas de 200 macollos por muestreo, a intervalos de 34±6 y 58±22 GDC en CC y CG, respectivamente. Se muestrearon tres generaciones sucesivas de hojas (G1, G2 y G3) con intervalos de cosecha de aproximadamente 1/5 de la VMF, abarcando desde la aparición hasta la presenescencia de la hoja. Así se obtuvieron láminas de 5 categorías de edad: en crecimiento (prelígula), recientemente expandida (lígula visible) y en tres momentos de la etapa adulta (previo a la senescencia). El material se separó manualmente en gabinete y se midió el largo total (mm) de hoja (lámina y vaina) y el contenido (g/kg MS) de FDN. Luego las muestras se incubaron por 24 h *in vitro* (aparato Daisy<sup>II</sup>, ANKOM Technology) para estimar el residuo de FDN indigestible (rFDNi). Se calculó la FDN indigestible (FDNi) como el cociente rFDNi/FDN y la DMS como la diferencia entre la MS incubada y el rFDNi, menos un factor metabólico de 119 mg/kg. Los datos se analizaron según un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 3 (dos gramíneas y tres generaciones de hojas). Las relaciones entre FDN, FDNi y DMS con la edad (GDC) y largo foliar (mm) se analizaron por regresión lineal. La especie de mayor largo foliar (promedio de CG: 885±17 vs. CC: 377±9, mm) tuvo 11% más FDN (CG: 622±9 vs. CC: 557±6 g/kg MS), 24% más FDNi (CG:

Recibido: junio de 2009

Aceptado: mayo de 2010

1. Maestría en Producción Animal. Fac. Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Dirección actual INTA, EEA La Rioja.

2. Director Tesis. Profesor Titular. Fac. Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Autor para correspondencia: odimarco@balcarce.inta.gov.ar

3. Co-Director Tesis. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce.

4. Tesista de grado. Fac. Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

545±4 vs. CC: 416±4 g/kg FDN) y 18% menos DMS (CG: 519±4 vs. CC: 633±3 g/kg MS). Con la edad el contenido de FDN no cambió, la FDNi aumentó 14% y la DMS disminuyó 5%. Dichos parámetros estuvieron asociados al largo foliar. En el rango de longitud foliar de ambas especies (151 a 1073 mm) la FDN aumentó 24% ( $R^2 = 0,74$ ), la FDNi un 53% ( $R^2 = 0,75$ ) y la DMS disminuyó 30% ( $R^2 = 0,70$ ). Los resultados sugieren que en las condiciones de este experimento la longitud foliar tiene más efecto que el envejecimiento en la calidad nutritiva de la lámina.

**Palabras clave:** *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, gramínea megatérmica, tamaño foliar, edad foliar.

## Summary

The accumulation of neutral detergent fiber (NDF), indigestible NDF (iNDF) and dry matter *in vitro* apparent digestibility (DMD) in relation to leaf age and length, in two tropical grasses differing in potential plant size (medium: *Cenchrus ciliaris* [CC]; large: *Chloris gayana* [CG] during the vegetative stage, was studied. The experiment was carried out at Balcarce Experimental Station (INTA) in a greenhouse (11/02/2008 to 7/04/2008) under non-limiting conditions of water nitrogen and phosphorus. The average temperature was 24°C± 3. The sampling period covered a whole regrowth cycle until ceiling yield was approximately achieved. The three appeared leaf generations (G1, G2 and G3) were harvested 5 times (200 tillers per sampling date) from emergence to pre-senescence, at intervals of around 34±6 and 58±22 GDD (12 °C base temperature) for CG and CC, respectively, corresponding to 1/5 of the respective leaf life spans (LLS). Blades of the following 5 age categories were thus collected: growing, recent expanded (visible ligulae) and three adult age categories. These samples were manually separated in the lab, and leaf length (blade + sheath, mm) and the NDF content (g/kg DM) measured. Samples were incubated *in vitro* for 24 hours (Daisy<sup>II</sup> apparatus, ANKOM Technology) and the residual NDF (iNDFr, g/kg) was determined. The indigestible NDF (iNDF) was calculated as the ratio iNDFr/NDF and the DMD by difference between the DM incubated and the iNDFr, minus a metabolic factor of 119 mg/kg. Data were analyzed as a complete randomized block design with a factorial treatment arrangement. The relationships among NDF, iNDF and DMD with leaf age (GDD) and length (mm) were analyzed by lineal regression. The greater leaf length of CG (CG: 885±17 vs. CC: 377±9, mm) was associated with 11% more NDF (CG: 622±9 vs. CC: 557±6 g/kg DM), 24% more of iNDF (CG: 545±4 vs. CC: 416±4 g/kg NDF) and 18% lower DMD (CG: 519±4 vs. CC: 633±3 g/kg DM). Leaf age had a minor effect on nutritive quality during the complete LLS. The NDF did not change, the iNDF increased 14% and the DMD decreased 5%. The increase in leaf length across species (151 to 1073 mm) was positively associated with the increase of 24% in NDF ( $R^2 = 0,74$ ) and 53% in iNDF ( $R^2 = 0,75$ ) and with the decrease of 30% in DMD ( $R^2 = 0,70$ ). These results suggest that, under the conditions of this experiment, leaf length was more important than leaf age in determining the nutritive quality of leaf blades.

**Key words:** *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, tropical grasses, leaf size, leaf aging.

## Introducción

Las variaciones en la digestibilidad de las hojas de las gramíneas, en función de la dinámica de acumulación de fibra detergente neutro (FDN) y FDN indigestible (FDNi) durante la vida foliar, está escasamente estudiada en

especies forrajeras. Groot y Neuteboom (1997) demuestran que desde la emergencia de las láminas de *Lolium multiflorum* hay acumulación de FDNi, por lo cual disminuye la digestibilidad, y que este proceso continúa aún cuando las láminas han cesado de crecer y, por ende, de

depositar pared celular. Ello explica la pérdida de calidad nutritiva de las láminas durante el período que permanecen verdes.

Wilson (1997) puntualiza que la baja digestibilidad de las gramíneas megatérmicas, así como la pérdida de calidad con el aumento de biomasa, se debe a la gran acumulación de estructuras fibrosas durante el crecimiento. Los tejidos de sostén de estas especies tienen una pared celular secundaria bien desarrollada, y forman un complejo entramado de estructuras físicas (Wilson, 1997) y/o químicas (Buxton y Redfearn, 1997) que impiden el ataque de los microorganismos ruminales. Esta fracción del forraje conforma la FDNi, que es una variable altamente relacionada con la digestibilidad de la materia seca (DMS) (Groot y Neuteboom, 1997). Su contraparte, la digestibilidad de la FDN (DFDN), está asociada al consumo voluntario y la producción animal en mayor medida que la DMS, según destacan Oba y Allen (1999).

Si bien la calidad de la FDN *per se* tiene un rol central en la producción animal, hay pocos estudios que analicen los cambios de DMS de una forrajera en función de la acumulación de FDN y FDNi. Por lo tanto existe escasa información sobre diferencias en calidad nutritiva entre especies megatérmicas, en relación a la acumulación de estructuras de sostén asociadas a la edad y morfología foliar. En un trabajo previo, Agnusdei et al. (2009) encontraron que la proporción de FDNi fue menor en una gramínea megatérmica de hoja corta (pasto Pangola) que en otra de hoja larga (Gramma rhodes). También observaron que en la especie de hoja corta la concentración de FDN y FDNi no se modificaron con la edad foliar; en cambio, en la especie de hoja larga, el contenido de FDNi aumentó con la edad y longitud de la lámina, estando el contenido de FDN y su digestibilidad altamente relacionadas con la DMS.

Bajo la hipótesis de que existen marcadas diferencias en calidad nutritiva dentro de especies megatérmicas ( $C_4$ ) asociadas a la edad y longitud de la hoja, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de la edad y el tamaño foliar en la calidad nutritiva

de láminas de especies con diferente tamaño potencial de hoja. Para ello se evaluó, en 5 momentos de la vida foliar, el contenido de FDN, FDNi y DMS de las láminas de dos morfotipos de tamaño potencial grande (*Chloris gayana*) y mediano (*Cenchrus ciliaris*).

### Materiales y Métodos

El ensayo se realizó del 11 de febrero al 7 de abril de 2008 en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce (37°45' S, 58°18' W, 130 metros sobre el nivel del mar). Las plantas de *Chloris gayana* (CG), cv. Finecut, se obtuvieron del campo experimental del INTA Leales (Tucumán) en el año 2006 y las de *Cenchrus ciliaris* (CC), cv. Texas 4464, del campo experimental del INTA La Rioja, en el 2007. Las mismas se trasplantaron en macetas de plástico de 30 centímetros de diámetro y 40 centímetros de altura, en condiciones de invernáculo. Las macetas se distribuyeron en tres bloques (repeticiones) por especie con 132 macetas cada uno. La temperatura media del período experimental fue  $24,3 \pm 3,1$  °C y se consideró 12 °C como la temperatura base (Agnusdei et al., 2009) para el cálculo de los grados días de crecimiento acumulados (GDC, °Cd).

Las plantas se mantuvieron en adecuadas condiciones nutricionales e hídricas. Se realizaron fertilizaciones nitrogenadas y fosforadas utilizando urea y fosfato diamónico en cantidades equivalentes a 100 y 20 kg/ha, respectivamente. Pevio al inicio de las mediciones, se realizó un corte inicial a 5 cm del suelo. En 15 macollos individuales marcados (5 por repetición) de cada especie se registró la aparición e inicio de senescencia de las láminas para estimar la vida media foliar (VMF).

En cada especie se cortaron, desde la base, aproximadamente 200 macollos por muestreo, cada  $58 \pm 22$  GDC en *Chloris* y cada  $34 \pm 6$  GDC en *Cenchrus*. El período de muestreo abarcó 3 generaciones sucesivas de hojas (G1, G2, G3), las cuales representan un ciclo normal de rebrote. La G1 correspondió al inicio del rebrote, la G2 a la fase de tasa

máxima y la G3 al momento que se alcanza la producción techo. En cada generación se muestrearon láminas desde emergencia hasta la presenescencia (ciclo de vida foliar). Así se obtuvieron láminas en 5 momentos de la vida foliar: hojas en crecimiento (1 muestreo), hojas recientemente expandidas o con lígula (1 muestreo) y hojas adultas (3 muestreos). El material cosechado fue colocado inmediatamente en nitrógeno líquido y luego se conservó en freezer hasta su procesamiento. En laboratorio, las láminas de las hojas fueron separadas del macollo principal siguiendo el criterio de Agnusdei et al. (2009) y clasificadas por generación de hoja en las categorías de edad mencionadas anteriormente. Con las muestras de láminas de cada generación de ambas especies se determinó el largo de las mismas. Estos datos conjuntamente con los de longitud de vainas se utilizaron para calcular el largo total de la hoja (largo lámina + largo de vaina, mm).

Las muestras fueron secadas en liofilizador (liofilizador Chriss 336) y molidas a 1 mm con un molino Cyclotec Sample Mill 1093. En las mismas se determinó el contenido de FDN en el analizador de fibra ANKOM 200/220 (Van Soest et al., 1991) y el residuo de FDN indigestible (rFDNi) por incubación *in vitro* en el equipo Daisy<sup>II</sup> (ANKOM) a 24 h de incubación. Adicionalmente se realizó otra incubación de 48 h en un conjunto de 18 muestras, de ambas especies, para analizar la relación entre ambos tiempos de incubación en la digestibilidad de la FDN (DFDN) y de la MS. La FDN indigestible (FDNi), la DFDN y la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS) se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{FDNi} = \text{rFDN} / \text{FDN incubada.}$$

$$\text{DFDN} = 1 - \text{FDNi}$$

$$\text{DMS} = [1 - (\text{rFDN} / \text{MS incubada})] - 119 \text{ mg/kg (Van Soest, 1994).}$$

Los datos se analizaron según un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 3 (dos gramíneas con diferente tamaño foliar y tres generaciones de hojas). Las medias se compararon a través del test de Tukey con un nivel de significancia del 5% ( $p < 0,05$ ). Para las variables de calidad se ajustaron funciones con la edad del tejido foliar (expresada en GDC) en cada generación y especie. Además, se ajustaron regresiones lineales entre los valores de DMS y DFDN a 24 y 48 h de incubación, y entre FDN, DMS y FDNi con el largo total de hoja (largo lámina + largo vainas). Se utilizó el procedimiento PROC REG y el PROC GLM de SAS (1999).

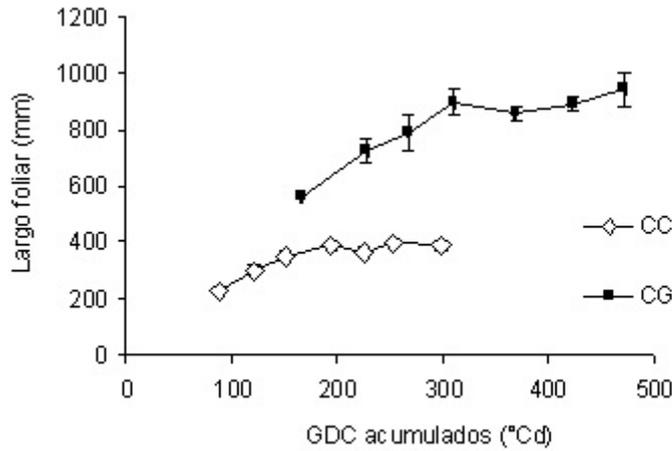
## Resultados

### *Vida media y longitud foliar*

Las vida media foliar (VMF) fue de  $369 \pm 5$  GDC en CG y de  $226 \pm 3$  GDC en CC, sin diferencias entre generaciones sucesivas de ambas especies. No se detectó efecto de la interacción especie x generación en el largo de la hoja completamente expandida (después de la aparición de la lígula). Hubo efecto de especie aunque no de generación, siendo el largo foliar (lámina + vaina) promedio de las tres generaciones de  $377 \pm 9$  y  $885 \pm 17$  mm en CC y CG, respectivamente (Figura 1).

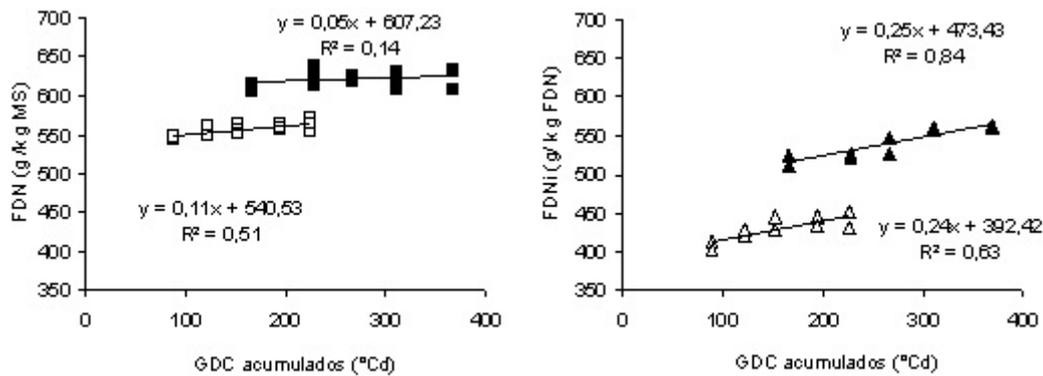
### *Contenido de FDN y FDNi durante la vida foliar*

El contenido de FDN de las láminas se diferenció en un 11% entre especies (promedio CG:  $622 \pm 9$  vs CC:  $557 \pm 6$  g/kg MS). Este parámetro no cambió a lo largo de toda la VMF en ambas especies (Figura 2a). Solamente se registró un pequeño incremento del 3% en CC desde la aparición de las láminas hasta el momento previo al inicio de la senescencia.



**Figura 1:** Relación entre el largo foliar y la edad (en grados días de crecimiento, GDC) durante el ciclo de vida de tres generaciones sucesivas de hojas en *Cenchrus ciliaris* (CC) y *Chloris gayana* (CG). Las barras indican el error estándar.

**Figure 1:** Relationship between leaf length and age (in growing degree days, GDD) during leaf lifespan of three successive generations of leaves in *Cenchrus ciliaris* (CC) and *Chloris gayana* (CG). The bars indicate the standard error.



**Figura 2:** Relación entre el contenido de FDN (a) y FDNi (b) con la edad foliar (en grados días de crecimiento, GDC) en láminas de *Chloris gayana* (CG, símbolos llenos) *Cenchrus ciliaris* (CC, símbolos vacíos). Los puntos representan en (a) tres generaciones sucesivas de hojas y en (b) dos generaciones. La generación no representada presentó valores constantes de FDNi de 551±4 en CG y 438±2 en CC g/kg FDN.

**Figure 2:** Relationship between leaf blade NDF (a) and iNDF with leaf age (in growing degree days, GDD) of *Chloris gayana* (CG: close symbols) and *Cenchrus ciliaris* (CC: open symbols). The symbols represent in (a) three successive leaf generations and in (b) two generations. The generation not represented showed constant levels of iNDF of 551±4 in CG and 438±2 in CC g/kg NDF.

El contenido de FDNi de CG fue 24% más alto que en CC y tuvo un aumento lineal durante toda la VFM, en dos de las tres generaciones de hoja de ambas especies (Figura 2b), con una tasa de incremento similar entre especies. En las generaciones que no aumentó el valor de FDNi se mantuvo en un promedio (g/kg FDN) de  $551 \pm 4$  en CG y de  $438 \pm 2$  en CC.

#### Digestibilidad de la MS (DMS)

El valor medio de DMS a 24 h presentó una diferencia entre especies del 18% ( $633 \pm 3$  y  $519 \pm 4$  g/kg MS en CC y CG, respectivamente). La edad foliar afectó escasamente ( $\sim 3\%$ ) el valor promedio de DMS de las tres generaciones en conjunto (Figura 3). Si bien se observaron diferencias entre generaciones de hojas de ambas especies, las mismas fueron de escasa importancia práctica. Por ejemplo, en CC se mantuvo estable en G1 y G3, mientras que en G2 disminuyó un 4%. Por su parte

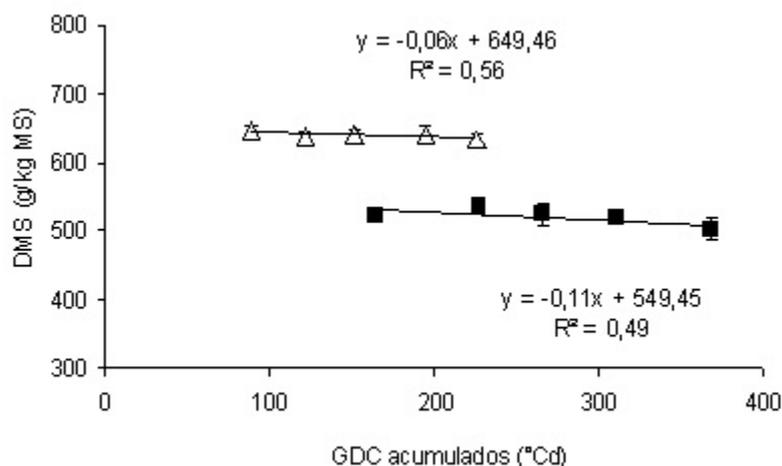
en CG la DMS disminuyó en forma lineal en las generaciones 1 y 2 (5 y 7%, respectivamente) y se mantuvo estable en la G3.

#### Efecto del largo foliar en la calidad nutritiva

La longitud de hoja dentro de cada especie no estuvo relacionada con la variación de los parámetros en estudio. Sin embargo, considerando el conjunto de datos de ambas especies, el tamaño foliar explicó el 0,74; 0,75 y 0,70 de la variación registrada en FDN, FDNi y DMS, respectivamente (Figura 4).

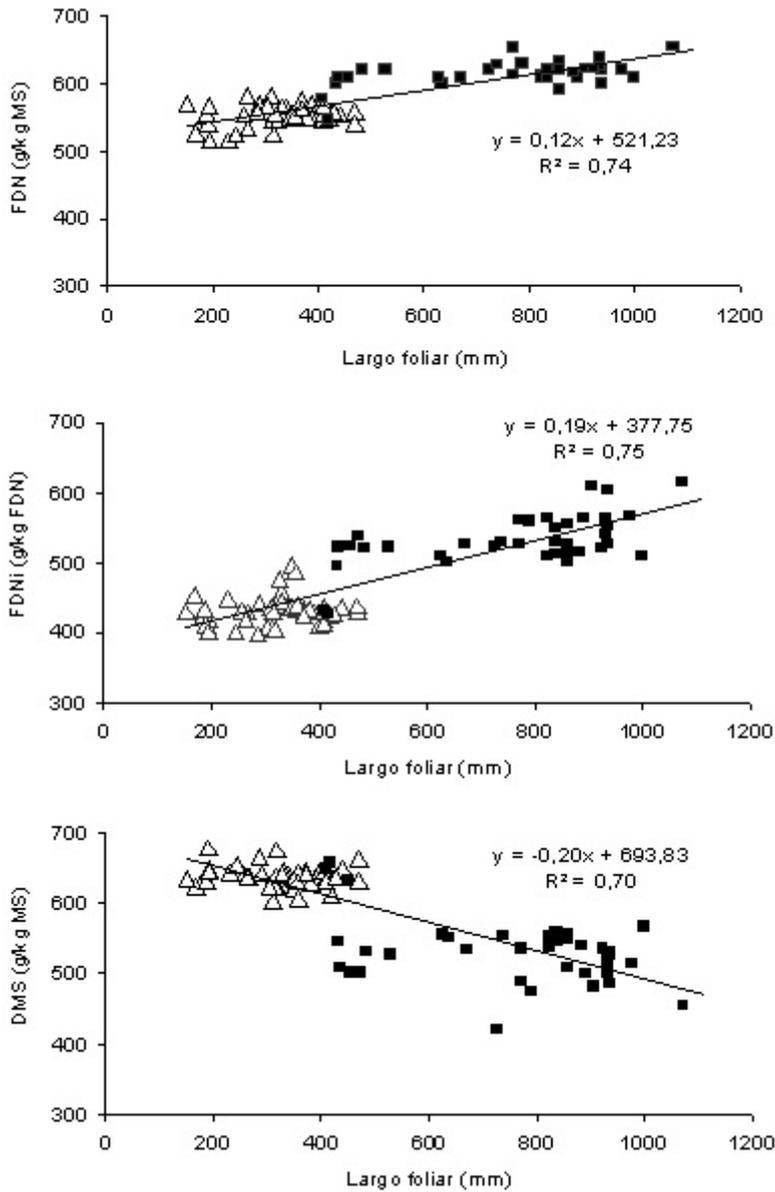
#### Tiempo de incubación y digestibilidad de la MS y FDN

El incremento del tiempo de incubación de 24 a 48 h aumentó la DMS en 24% y la DFDN en 33%. Las estimaciones en ambos horarios estuvieron altamente relacionadas ( $R^2 = 0,71$  y  $0,72$ , respectivamente), como se muestra en la Figura 5.



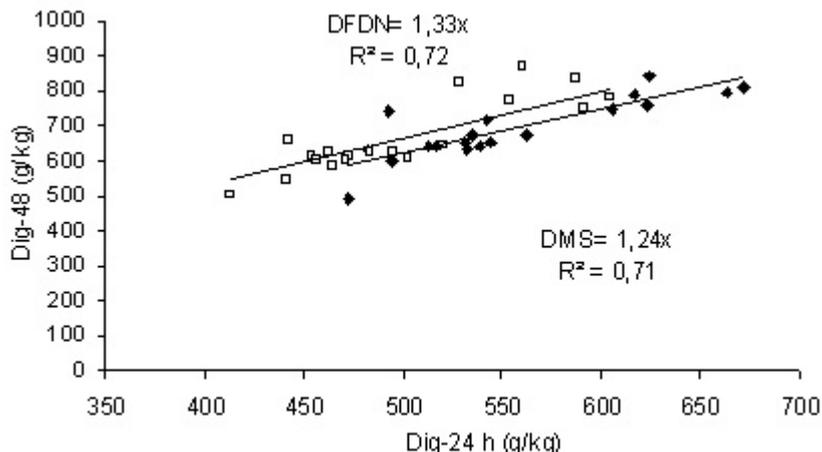
**Figura 3:** Relación entre la digestibilidad *in vitro* aparente de la materia seca (DMS) en 24 h de incubación y la edad de láminas (en grados días de crecimiento, GDC) de *Cenchrus ciliaris* (CC: símbolos vacíos) y *Chloris gayana* (CG: símbolos llenos).

**Figure 3:** Relationship between the *in vitro* dry matter apparent digestibility (DMD) at 24 h of incubation and leaf blades age (in growing degree days, GDD) of *Cenchrus ciliaris* (CC: open symbols) and *Chloris gayana* (CG: close symbols).



**Figura 4:** Relación entre FDN, FDN indigestible y DMS con el largo foliar (lámina+vainas) en láminas de *Cenchrus ciliaris* (CC) y *Chloris gayana* (CG).

**Figure 4:** Relationship between NDF, indigestible NDF and DAMS and leaf length (blade+sheath length) in leaf blades of *Cenchrus ciliaris* (CC) and *Chloris gayana* (CG).



**Figura 5:** Relación entre la digestibilidad a 24 y 48 h de incubación en láminas de *Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*. ♦: Digestibilidad aparente de la materia seca; □: digestibilidad de la FDN (DFDN)  
**Figure 5:** Relationship between digestibility at 24 and 48h of incubation in leaf blades of *Chloris gayana* and *Cenchrus ciliaris*. ♦: Dry matter apparent digestibility (DMS); □: NDF digestibility (NFDN).

## Discusión

### *Vida media y largo foliar*

Existe escasa información sobre la VMF de especies megatérmicas. Se han registrado valores de 320 GDC en Grama Rhodes y de 500 GDC en pasto Pangola (Agnusdei et al., 2009). Datos de gramíneas forrajeras templadas muestran que la VMF varía entre 500 y 600 GDC (Lemaire y Chapman, 1996; Agnusdei et al., 1998; Lemaire y Agnusdei, 2000). De acuerdo a estos últimos valores la especie CG sería de rápido recambio foliar (VMF: 369 GDC) y CC de muy rápido recambio (VMF: 226 GDC). Según estos valores las láminas de CG completarían su ciclo de vida en aproximadamente 31 días y las de CC en 19 días, a una temperatura media de 24°C. A partir de estos períodos comenzaría el proceso de senescencia. Considerando que la VMF es escasamente modificada por condiciones ambientales y de manejo (Lemaire y Chapman, 1996), los resultados sugieren que ambas especies requerirían defoliaciones frecuentes para evitar la pérdida de compuestos solubles por exportación desde las hojas

senescentes hacia las que están en proceso de expansión. El control de tales pérdidas puede atenuar caídas marcadas en digestibilidad de la MS por disminución de compuestos solubles, que conlleva a un aumento proporcional del contenido de FDN.

### *Edad foliar y calidad nutritiva*

Contrariamente a lo que generalmente se acepta de que el envejecimiento aumenta el contenido de FDN, los resultados muestran que este parámetro se mantuvo relativamente estable en las láminas foliares de ambas especies durante toda la VMF, en valores promedio (g/kg MS) de 622±9 en CG y de 557±6 en CC (Figura 2a). Cabe aclarar que en la especie CC la FDN aumentó 3%, lo cual carecería de importancia nutricional. El hecho de que la FDN no cambie durante la VMF estaría indicando, por un lado, que las láminas en crecimiento acumularon FDN dentro del tubo de vainas del cual emergieron y, por otro, que durante el período de láminas adultas (previo a la senescencia) no hubo exportación de compuestos solubles hacia las hojas en

crecimiento. De hecho, como una hoja adulta no crece, y por lo tanto no deposita MS ni fibra (Maurice et al., 1997), el aumento del contenido de FDN solamente puede ocurrir por exportación de compuestos solubles. Esta pérdida puede empezar inclusive antes de que sea evidente el amarillamiento de las hojas, hecho que no habría sucedido en ninguna de las especies evaluadas. De acuerdo con los resultados obtenidos, la VMF podría utilizarse como indicador confiable del intervalo máximo recomendable entre defoliaciones sucesivas para evitar pérdidas de componentes solubles del forraje.

La FDNi aumentó linealmente con la edad foliar a tasa similar entre especies (Figura 2b), sin embargo ello ocurrió en dos de las tres generaciones en estudio. El aumento promedio fue de 14% durante la VFM, el cual fue inferior al observado por Agnusdei et al. (2009) en un rebrote de CG en primavera tardía, y por Groot y Neuteboom (1997) en raigrás anual. Por otro lado se mantuvo relativamente estable en la G1 de CC y en la G3 de CG. En ambas generaciones de hojas el contenido de FDNi se mantuvo en el nivel que alcanzaron el resto de la generaciones al final de la VMF (CG: 565±8 y CC: 443±7 g/kg FDN). El comportamiento de la primera generación de hojas (G1) de CC no tiene explicación. En cambio el resultado de la generación de hoja más tardía del rebrote (G3) de CG, pueden estar indicando que cumplió su maduración dentro del tubo de vainas, tal como ha sido sugerido por Groot y Neuteboom (1997) y por Duru y Ducroq (2002), ya que estas láminas tuvieron que atravesar un tubo de vainas más largo que las previas. Estas variaciones entre generaciones indican que es aún prematuro ser concluyente en cuanto al impacto del proceso de envejecimiento sobre las variaciones en la calidad de la fibra del forraje. No obstante los resultados de este experimento, conjuntamente con los de un experimento previo (Agnusdei et al., 2009), muestran que una lámina en crecimiento se diferenciaría de otra adulta por la digestibilidad de la FDN, más que por su contenido.

La DMS promedio (CC: 633±3; CG: 519±4 g/kg MS) disminuyó durante la VFM. Sin embargo dicho cambio fue de escasa magnitud (~3%, Figura 3) y menor que el incremento de FDNi (14%). También aquí se encontraron diferencias entre generaciones que no tienen explicación y que fueron comentadas en los resultados. En un experimento con raigrás anual Groot y Neuteboom (1997) observaron que la DMS disminuyó en paralelo con los cambios observados en FDNi. Los resultados del presente experimento, conjuntamente con los de Groot y Neuteboom (1997), sugieren que la pérdida de calidad nutritiva a lo largo del ciclo completo de vida de la hoja, sería un fenómeno común entre las gramíneas templadas y megatérmicas, asociada al aumento de FDNi.

#### *Largo foliar y calidad nutritiva*

El largo foliar de la especie tuvo un gran efecto en la calidad nutritiva. Las láminas de CG tuvieron una longitud de más del doble que las de CC (885±17 y 377±9 mm, respectivamente) y, concomitantemente, también mostraron mayor contenido de FDN (11%) y FDNi (24%) y menor DMS (18%). Estos resultados, los cuales son atribuidos a la mayor inversión de biomasa en tejidos de sostén (Givish, 1982, citado por Werger et al., 2002), concuerdan con los encontrados por Agnusdei et al. (2009) en un estudio comparativo entre CG y *Digitaria decumbens*, especie de hábito de crecimiento postrado y tamaño potencial aún más pequeño que CC. En dicho estudio las especies mostraron una diferencia promedio de 6% en FDN y del 46% en FDNi. Esta última dependió de la generación de hoja en estudio, correspondiendo las mayores diferencias a las generaciones más tardías.

El contenido promedio de FDN (g/kg MS) durante el ciclo de vida foliar de las láminas de CG fue de 622±9 y el de CC 557±6. Buxton y Redfearn (1997) reportaron valores de FDN de 500 g/kg MS en *Festuca arundinacea* Schreb., *Bromus inermis* Leyss. y *Dactylis glomerata* L., y de 700 g/kg MS en *Panicum virgatum* L., *Cynodon dactylon*, L. y *Andropogon gerardii*.

Así, mientras el valor estimado para CG fue intermedio entre los valores citados para ambas especies C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, el de CC estuvo en el rango del valor de las especies C<sub>3</sub>. Esto da una idea de la magnitud de las variaciones en el contenido de FDN que presentaron las especies C<sub>4</sub> del presente experimento. Adicionalmente, confirma nuestras expectativas respecto a que la especie de hojas más cortas tenga menor contenido de FDN y FDNi, y mayor DMS como ya se mencionó.

El valor promedio de DMS (519±4 g/kg MS) de CG fue más bajo que el obtenido por Nasca (2006), que encuentra un valor de digestibilidad *in vitro* de 599 g/kg MS. En cambio, la DMS promedio de CC (633±3 g/kg MS) estuvo en el rango de 618 a 631 g/kg MS medido *in vivo* por Stritzler et al. (2002) en tres gramíneas megatérmicas (*Panicum coloratum*, *P. virgatum* L. y *Digitaria eriantha*) en rebrote de primavera. Sin embargo, De León (1998) menciona valores de aproximadamente 700 g/kg MS en CG y CC al comienzo del ciclo de crecimiento. Se desconoce cuál de estos valores tiene más relación con la digestibilidad *in vivo* porque no existen experimentos que permitan tal comparación.

#### *Consideraciones sobre la comparación de resultados de laboratorio*

Al comparar nuestros resultados de digestibilidad con los informados en la literatura local para especies megatérmicas, surgen diferencias importantes, que pueden estar relacionadas a la metodología de laboratorio utilizada. La bibliografía indica que hay variaciones debidas al molido de la muestra, tipo de buffer, fuente de inóculo y tiempo de incubación (Judkins et al., 1990; Holden, 1999; Robinson et al., 2004; Damiran et al., 2008). También hay diferencias (Damiran et al., 2008) cuando los resultados obtenidos en el incubador Daisy<sup>II</sup> se expresan como digestibilidad verdadera o aparente (DMS). Esto es un problema ya que en muchos experimentos no se aclara la manera de medir la digestibilidad ni la forma de expresarla. Conviene recordar que la DMS se calcula restando el factor metabólico de 119 g/kg y sirve, según Van

Soest (1994), para obtener valores comparables a los de digestibilidad *in vitro* de Tilley y Terry (1963). No obstante, conviene mencionar que la concordancia entre ambas metodologías es cuando las muestras se incuban a 48 h. Sin embargo, en el presente trabajo se utilizó un período de incubación de 24 h por dos razones: (i) para estar en concordancia con el tiempo de retención en el rumen de hojas de *Digitaria decumbens* y *Chloris gayana* estimado por Poppi et al. (1981) que es inferior a 20 h y, (ii) porque la incubación *in vitro* a 48 h tiende a sobreestimar la digestibilidad *in vivo* de recursos forrajeros (Di Marco et al., 2002; Hoffman et al., 2003; Oba y Allen, 2005). También es importante tener presente que una encuesta a nutricionista de EE.UU muestra que ha aumentado notablemente el pedido de evaluaciones de digestibilidad *in vitro* a 24 h y 30 h de incubación (Chase et al., 2005).

Los resultados del presente trabajo indican que al incrementarse el tiempo de incubación de 24 a 48 h aumentó la DMS en 24% y la DFDN en 33% (Figura 5). El aumento de DMS fue similar al observado en un silaje de fracción vegetativa de sorgo granífero e inferior al de un sorgo azucarado (33%, Di Marco et al., 2009). Por su parte el aumento de la DFDN con el tiempo de incubación fue mayor que los informados por Hoffman et al. (2003) de 26% en silajes y henos de gramíneas, 8% en silajes y henos de leguminosas y 17% en silajes de maíz. Las diferencias comentadas pueden estar asociadas a las características de la pared celular de los distintos recursos forrajeros (Buxton y Redfearn, 1997). Por lo tanto no se puede generalizar sobre el incremento de los parámetros mencionados en relación al tiempo de incubación.

#### **Consideraciones finales**

Se han presentado evidencias de que la especie de menor largo foliar tuvo mayor calidad, al igual que ha sido observado en otro experimento previo (Agnusdei, et al., 2009). También se encontró que la longitud foliar resultó más importante que el envejecimiento

como determinante de las variaciones en calidad nutritiva. Sin embargo, no es posible ser aún concluyente con respecto al efecto de ambos factores debido a ciertas discordancias con datos de la literatura, que aún requieren ser explicados.

Se ha hecho hincapié en la FDNi, o DFDN, como parámetro central de calidad nutritiva porque este parámetro no solamente afecta negativamente la densidad energética del forraje, sino también al consumo voluntario y respuesta animal (Oba y Allen, 1999; 2005). No obstante, es importante destacar que la simple inclusión de estimaciones de FDNi (o DFDN) en los experimentos no garantiza un avance en la comprensión de los mecanismos subyacentes que explican las variaciones en el contenido y digestibilidad de la fibra del forraje. Es necesario un cambio de enfoque que permita entender mejor cómo el proceso de crecimiento de las plantas afecta a dichos parámetros y, en consecuencia, a la calidad nutritiva. Si bien en el presente trabajo se relacionaron los parámetros en estudio con la edad y largo foliar, hay que tener presente que el crecimiento foliar es un proceso más complejo (Maurice, et al., 1997) y que es escaso el conocimiento cuantitativo sobre los efectos morfogénéticos y ambientales en el crecimiento y estructura de la pastura, que finalmente gobiernan la dinámica de la calidad del forraje.

Finalmente, se hizo un comentario sobre la dificultad de la comparación de datos experimentales de calidad nutritiva de distinta procedencia. Ello se debe principalmente a que: (i) no siempre está claramente indicada la metodología utilizada para estimar la digestibilidad *in vitro*; (ii) por las grandes diferencias entre las técnicas de laboratorio entre sí; (iii) por diferencias entre formas de expresar la digestibilidad, y (iv) y por las divergencias entre la metodología de laboratorio y la digestibilidad medida *in vivo* (Judkins et al., 1990; Holden, 1999; Robinson et al., 2004; Damiran et al., 2008). Conviene tener presente que Robinson et al. (2004) señalan que aún no se ha identificado un método exacto y preciso para predecir la digestibilidad *in vivo* que pueda aplicarse en distintos alimentos.

## Conclusiones

Las especies en estudio mostraron diferencias en vida media, largo foliar y calidad nutritiva. *Cenchrus ciliaris* tuvo menor vida media (226±3 GDC vs 369±5 GDC) y largo foliar (377±9 vs 885±17 mm) que *Chloris gayana*.

En *Cenchrus ciliaris*, asociado a la menor longitud de la hoja adulta, hubo un menor contenido de FDN (11%) y mayor digestibilidad de la FDN (24%) y de la MS (18%). El envejecimiento no afectó el contenido de FDN y afectó levemente la FDNi (8%) y la DMS (3%).

El largo foliar, considerando las hojas de ambas especies, se asoció positivamente con el aumento de FDN ( $R^2= 0,74$ ) y FDNi ( $R^2= 0,75$ ) y negativamente con la DMS ( $R^2= 0,70$ ). Los resultados muestran la ventaja nutricional del morfotipo forrajero de menor tamaño. Sin embargo se requiere más experimentación para explicar la relación del largo foliar con los parámetros de calidad dentro de cada especie, y si la reducción de la longitud foliar por defoliación de morfotipos de tamaño grande mejora la calidad nutritiva de las láminas.

## Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo en el marco del Proyecto PE AEF2492 "Producción, calidad y persistencia productiva bajo diferentes niveles de insumos en ambientes templados y tropicales", dirigido por la Dra. Mónica Agnusdei del INTA Balcarce. El experimento es parte de la tesis desarrollada por Roxana Avila, con beca del INTA, como requisito para obtener la Maestría en Producción Animal (Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP). En el mismo también se llevó a cabo la tesis de grado de César Mayoral para obtener el grado de Ing. Agr. Los autores desean agradecer al Ing. Zoot. Fernando Nanning y al Ing. Germán Berone por sus aportes al desarrollo del experimento. A la Sra. Miriam Patini por la asistencia en el procesamiento de las muestras. También al Ing. Carlos Ferrando, a la Ing. Karina Leal y al personal de apoyo de campo del INTA EEA La Rioja por su colaboración en los análisis químicos.

### Bibliografía

- Agnusdei, M.G., Mazzanti, A., Colabelli, M. y Labreuve, M. 1998. Fundamentos para el manejo del pastoreo de pastizales y pasturas cultivadas de la Pampa Húmeda Bonaerense. CERBAS, INTA EEA Balcarce. Boletín Técnico N° 147. 16 p.
- Agnusdei, M.G., Nanning, F.R., Di Marco, O.N. y Aello, M.S. 2009. Variaciones de calidad nutritiva durante el crecimiento vegetativo de gramíneas megatérmicas de diferente porte y longitud foliar (*Chloris gayana* y *Digitaria decumbens*). Rev. Arg. Prod. Anim. 29: 13-25.
- Buxton, D.R. and Redfearn, D.D. 1997. Plant Limitations to Fiber Digestion and Utilization. J. Nutr. 127: 814S-818S.
- Chase, L., Raeth-Knight, M., Linn, J. and Mahanna, W. 2005. Dairy nutritionist survey on forage carbohydrate analysis: Implications for methodology application. J. Dairy Sci. 88 (Suppl.1): 347 (Abstr.).
- Damiran, D., Delcurto, T., Bohnert, D.W. and Findholt, S.L., 2008. Comparison of techniques and grinding size to estimate digestibility of forage based ruminant diets. Anim. Feed Sci. and Tech. 141: 15–35.
- De León, M. 1998. Producción y calidad forrajera de *Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris* bajo pastoreo en el norte de Córdoba. Rev. Arg. Prod. Anim. 18: 175-176.
- Di Marco, O.N., Aello, M.S., Nomdedeu, M. and Van Houtte, S. 2002. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (*in vivo*, *in situ* and *in vitro*). Anim. Feed Sci. and Tech. 99:37-43.
- Di Marco, O.N., Ressia, M.A., Arias, S., Aello, M.S. and Arzadún, M. 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and bmr sorghum types: Comparison of *in vivo*, *in situ* and *in vitro* data. Anim. Feed Sci. and Tech. 153: 161-168
- Duru, M. and Ducrocq, H. 2002. A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. Crop Sci. 42: 214-223.
- Judkins, M.B., Krys, L.J. and Barton, R.K. 1990. Estimating diet digestibility: a comparison of 11 techniques across six different diets fed to rams. J. Anim. Sci. 68: 1405–1415.
- Givnish, T.J. 1982. On the adaptive significance of leaf height in forest herbs. Am. Nat. 120: 353-381.
- Groot, J.C. and 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.
- Hoffman, P.C., Lundberg, K.M., Bauman, L.M. and Shaver, R.D. 2003. *In vitro* NDF Digestibility of Forages: The 30 vs. 48 hour debate. Focus on Forage. 5: 1-3.
- Holden, L.A., 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. J. Dairy Sci. 82: 1791–1794.
- Lemaire, G. and Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: G. Lemaire et al. (eds.). Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. CABI, Oxon. pp.265-287.
- Lemaire, G. and Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: J. Hodgson and A.W. Illius (eds). The ecology and management of grazing system. CAB International. pp. 3-36.
- Maurice, I., Gastal, F. and Durand, J.L. 1997. Generation of form and associated mass deposition during leaf development in grasses: a kinematic approach for Non-steady growth. Annals of Botany 80:673-683.
- Nasca, J. 2006. Producción sostenible de carne bovina con pasturas tropicales en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán. Tesis M.S. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia. 138p.
- Oba, M. and Allen, M. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 589-596.
- Oba, M. and Allen, M. 2005. *In vitro* Digestibility of Forages. Tri-State Dairy Nutrition Conference. May 2-3:81-91.
- Poppi, D.P., Minson D.J and Ternouth, J.H. 1981. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 3. The retention time in the rumen of large feed particles. Australian J. Agr. Res. 32:123-137.
- Robinson, P.H., Givens, D.I. and Getachew, G., 2004. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate the metabolizable energy values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and *in vitro* determinations. Anim. Feed Sci. and Tech. 114: 75–90.
- SAS, 1999. Procedures Guide, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Stritzler, N.P., Pagella, J.H., Ferri, C.M., Fuentes, M.E., Martínez, O. y Steffanazzi, R.B. 2002. Consumo y digestibilidad *in vivo* en gramíneas perennes estivales. Comparación del forraje

- de primavera entre especies. Rev. Arg. Prod. Anim. 23: 67.
- Tilley, J.M. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crop. J. British Grassld. Soc. 18: 104-111.
- Van Soest, P., Robertson, J. and Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY. 476p.
- Werger, M., Hirose, T., During, H., Heil, G., Hikosaka, K., Ito, T., Nachinshonhor, U., Nagamatsu, D., Shibasaki, K., Takatsuki, S., Van Rheenen, J. and Anten, N. 2002. Light partitioning among species and species replacement in early successional grasslands. J. Vegetation Sci. 13: 615-626.
- Wilson, J.R. 1997. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. Simposio internacional sobre produçã animal em pastejo. Viçosa, MG. Anais Viçosa, MG: UFV. pp.173-208.