

ANATOMÍA CUANTITATIVA COMPARADA DE ALGUNAS ESPECIES DE GRAMÍNEAS DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

HEINZEN, F.¹, RAMOS, J.¹ & TIVANO, J. C.¹

RESUMEN

Las Gramíneas forrajeras presentan diferentes vías de fijación del CO₂, las que están acompañadas por diferencias anatómicas, ultraestructurales y bioquímicas, que condicionan el consumo y la digestión por parte del animal. La proporción relativa de los distintos tejidos foliares (anatomía cuantitativa) está directamente relacionada con la digestibilidad y, consecuentemente, con la calidad forrajera de la especie.

El objetivo de este trabajo es estudiar la proporción relativa de los distintos tejidos foliares en especies de Gramíneas que integran los pastizales naturales de la Provincia de Santa Fe. Se trabajó con *Setaria cordobensis* R.A.W. Herm., *S. fiebrigi* R.A.W. Herm., *Urochloa lorentziana* (Mez) Morrone & Zuloaga, *Pappophorum caespitosum* R.E. Fr., *P. vaginatum* Buckley, *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi, *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., *Paspalum plicatulum* Michx., *Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkworth y *Luziola peruviana* Gmelin.

Para los estudios anatómicos cuantitativos muestras de la parte media de la lámina de la hoja bandera fueron fijadas en FAA, cortadas con micrótopo rotativo y coloreadas con safranina-fast green. Los transcortes observados con un microscopio óptico se dibujaron, determinándose el área de cada tejido con un planímetro digital electrónico PLANIX 7 y el número de haces vasculares en la semilámina. Se determinó el TLND (total de tejidos lentamente digestibles e indigestibles: xilema + epidermis + vaina del haz + esclerénquima) para inferir su calidad forrajera. Se presentan y discuten los porcentajes de los distintos tejidos foliares, el TLND y el número de haces vasculares de las especies estudiadas.

Palabras clave: Gramíneas, valor nutritivo, anatomía foliar, lignina.

1.- Morfología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.

Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Telefax: (03496) 426400.

E-mail: jramos@fca.unl.edu.ar

Manuscrito recibido el 13 de mayo de 2002 y aceptado para su publicación el 4 de diciembre de 2002.

SUMMARY

Comparative quantitative anatomy of grass species in Santa Fe province

Forage grasses present different CO₂ fixation pathways, which showed anatomic, ultra-structural and biochemical differences affecting both animal consumption and digestion. Relative ratio of diverse foliar tissues (quantitative anatomy) is directly linked to digestibility and, therefore, to forage quality. The objective of the present work is to assess the relative ratio of different foliar tissues in grass species found in Santa Fe province rangelands. The study was carried out on *Setaria cordobensis* R.A.W. Herm., *S. fiebrigi* R.A.W. Herm., *Urochloa lorentziana* (Mez) Morrone & Zuloaga, *Pappophorum caespitosum* R.E. Fr., *P. vaginatum* Buckely, *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi, *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., *Paspalum plicatum* Michx., *Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkworth y *Luziola peruviana* Gmelin.

Samples from medial portion of flag leaf blade were fixed in FAA, sectioned with a rotative microtome and stained with safranin-fast green, in order to perform the quantitative anatomic studies. A PLANIX 7 electronic digital planimeter was utilized to determine proportion corresponding to each tissue from transverse section drawings. The latter were observed under an optic microscope. Number of vascular bundles in the half-lamina was also determined. Total slow and non digestible tissues (TSND), i.e. xylem + epidermis + bundle sheath + sclerenchyma were determined, in order to assess forage quality on different studied taxa. Percentages of diverse foliar tissues, TSND and number of vascular bundles in the different species are presented and discussed.

Key words: Gramineae, nutritive value, leaf anatomy, lignin.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales representan la base forrajera de una parte importante de la ganadería argentina, y en particular de la santafesina. Las Gramíneas constituyen el principal componente de estos pastizales y, consecuentemente, el principal elemento de la dieta de los bovinos en pastoreo en dichas áreas. Entre ellas existen diferencias respecto al mecanismo de asimilación de CO₂ que les confiere diferencias en la potencialidad de producción de materia seca por unidad de superficie y en la eficiencia de la utilización del agua, todo lo cual tiene una gran importancia desde el punto de vista agronómico y de la producción animal (Melo y Boetto, 1993). Además, las diferentes vías fotosintéticas están acompañadas por diferencias anatómicas, ultraestructurales y bioquímicas (Ellis,

1977). Estas diferencias entre especies C₃ y C₄ condicionan el consumo y la digestión; ambos factores directamente relacionados con la productividad animal (Wilson, 1991; Melo & Boetto, 1993; Minson & Wilson, 1994).

La anatomía foliar de las Gramíneas presenta variaciones (Ellis, 1977; Clayton & Renvoize, 1986), tanto en lo que respecta a los tipos de tejidos como al porcentaje relativo de los mismos (Ferres Terra, 1982; Frecen-tese & Stritzler, 1985; Akin *et al.*, 1991). El estudio de los tejidos presentes y del porcentaje que ocupa cada uno de ellos (anatomía cuantitativa) ha mostrado considerable variación entre las especies de Gramíneas forrajeras (Akin, 1984; Ehlke & Casler, 1985; Tivano *et al.*, 1990; Akin *et al.*, 1991; Masaoka *et al.*, 1991; Wilson, 1991;

Tivano & Heinzen, 1996). La proporción de los distintos tejidos foliares está directamente relacionada con la velocidad con que son digeridos en el rumen y, consecuentemente, a la calidad forrajera de la especie. Por ello la anatomía foliar cuantitativa se constituye en una herramienta útil para estimar calidad y puede ser utilizada en la selección de especies forrajeras (Akin, 1984; Tivano *et al.*, 1990; Wilson, 1991).

Sánchez & Arriaga (1990) estudiaron y describieron las diferentes vías fotosintéticas y de los caracteres anatómicos con ellas asociados en los géneros argentinos de Gramíneas. Pero pocos son los trabajos (Fre-centese & Stritzler, 1985; Tivano *et al.*, 1990; Nuciari *et al.*, 1994; Tivano & Heinzen, 1996, Nuciari *et al.*, 1997) que estudiaron la anatomía cuantitativa de las especies argentinas de Gramíneas.

Por todo ello este trabajo tiene por objetivo estudiar la proporción relativa de los distintos tejidos foliares en algunas especies de Gramíneas que integran los pastizales naturales de la Provincia de Santa Fe.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó con las siguientes especies: *Setaria cordobensis* R.A.W. Herm., *S. fiebrigi* R.A.W. Herm., *Urochloa lorentziana* (Mez) Morrone & Zuloaga, *Pappophorum caespitosum* R.E. Fr., *P. vaginatum* Buckley, *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi, *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., *Paspalum plicatulum* Michx., *Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkworth y *Luziola peruviana* Gmelin.

Para los estudios anatómicos cuantitativos, muestras de la parte media de la lámina de la hoja bandera (Metcalfe, 1960) fueron fijadas en F.A.A. (formol-ácido acético-alcohol), cortadas con un micrótopo rotativo

y coloreadas con safranina-fast green (Johansen, 1940). Los transcortes observados con un microscopio óptico se dibujaron, determinándose el área de cada tejido (Ferrés Terra, 1982) con un planímetro digital electrónico PLANIX 7 y el número de haces vasculares en la semilámina.

Se determinó el TLND (total de tejidos lentamente digestibles e indigestibles: xilema + epidermis + vaina del haz + esclerénquima) para inferir su calidad forrajera (Ehlke & Casler, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies estudiadas corresponden a plantas con vía fotosintética C_4 con la excepción de *Nassella neesiana* y *Luziola peruviana* que son C_3 .

En el Cuadro 1 se muestran los porcentajes de los distintos tejidos foliares de las especies estudiadas.

En general existe la siguiente tendencia en la proporción y velocidad de digestión de los distintos tejidos foliares de las gramíneas (Wilson, 1990; Melo & Boetto, 1993): mesófilo y floema (rapidamente degradados) > epidermis, vaina parenquimática del haz (lentamente degradados) > esclerénquima (lentamente a no degradado) > cutícula y xilema (no degradados). Al respecto, el TLND, al agrupar los tejidos lentamente digestibles e indigestibles, es un buen indicador de la calidad forrajera (Ehlke & Casler, 1985).

Respecto al número de haces vasculares en la lámina foliar (Cuadro 1) se observa una gran variación entre las especies; no presentándose diferencias entre especies C_3 y especies C_4 .

La mayor cantidad de haces vasculares que se presentan en hojas de *Paspalum plicatulum*, *Nassella neesiana* y *Urochloa lorentziana* no repercutió en el TLND de

Cuadro 1: Porcentajes de tejidos foliares y número de haces vasculares.

Especie	1 <i>Setaria</i> <i>cordobensis</i>	2 <i>Setaria</i> <i>fiebrigi</i>	3 <i>Urochloa</i> <i>lorentziana</i>	4 <i>Pappophorum</i> <i>caespitosum</i>	5 <i>Pappophorum</i> <i>vaginatum</i>	6 <i>Sorghastrum</i> <i>pellitum</i>	7 <i>Sporobolus</i> <i>indicus</i>	8 <i>Paspalum</i> <i>plicatulum</i>	9 <i>Nassella</i> <i>neesiana</i>	10 <i>Luziola</i> <i>peruviana</i>
ep. adaxial	13,15	17,78	18,6	11,68	13,2	29,3	20,31	17,72	11,27	19,63
ep. abaxial	7,77	8,13	9,56	4,68	6,18	10,19	9,02	8,04	6,54	13,8
clorénquima	44,61	35,81	55,75	29,85	27,22	35,09	6,49	38,53	44,07	44,32
parénquima	11,04	12,18	0,25	9,04	4,53	3,01	7,74	16,8	0	0
esclerénquima	8,58	6,42	1,83	11,78	15,26	2,85	10,09	1,32	21,52	4,16
xilema	3,28	6,16	1,81	6,25	5,92	4,91	5,91	3,41	5,29	4,3
floema	1,96	3	1,13	2,9	3,04	2,25	4,82	2,53	2,87	1,95
vaina Kranz	9,61	10,52	10,11	16,43	18,61	12,4	28,13	11,65	0	0
vaina parenq. no Kranz	0	0	0	0	0	0	0	0	4,2	10,69
mestoma	0	0	0,96	7,39	6,04	0	7,49	0	4,24	1,15
TLND	42,4	49,01	42,88	58,21	65,22	59,65	80,96	42,13	48,75	43,03
nºhaces	27	41	79	32	30	67	21	79	79	31

estas especies, por las variaciones en los porcentajes de otros tejidos que inciden en el cálculo de este parámetro.

De todas las especies estudiadas, *Pappophorum caespitosum*, *P. vaginatum*, *Sporobolus indicus* y *Sorghastrum pellitum* presentan los más elevados valores de TLND. Ello es debido, en el caso de las tres primeras especies, a porcentajes elevados de vaina parenquimática Kranz, xilema y esclerénquima; en tanto que, *Sorghastrum pellitum* muestra valores medios de estos tres tejidos pero importantes porcentajes de epidermis adaxial y abaxial. *Sporobolus indicus* es la especie que presenta los mayores valores de TLND pues combina altos valores de vaina Kranz, xilema, esclerén-quima, epidermis adaxial y abaxial. Paralelamente a los altos valores de TLND que presenta *Sporobolus indicus*, esta especie posee el más bajo registro de clorénquima.

Entre las especies que presentan valores bajos de TLND se destacan: *Paspalum plicatulum* (42,13 %), que muestra altos valores de clorénquima (38,53 %), el más alto valor de parénquima incoloro (16,8 %) y el valor más bajo de esclerénquima (1,32 %); *S. cordobensis* (42,40%), por el elevado porcentaje de clorénquima (44,61 %) y bajo porcentaje de vaina Kranz (9,61%); y *Urochloa lorentziana* (42, 88%), que presenta muy bajos porcentajes de xilema (1,81 %), mestoma (0,96 %) y esclerénquima (1,83 %) y un porcentaje importante de clorénquima (55,75 %).

Las diferencias debidas a la anatomía foliar C₃ o C₄ son importantes en determinar diferencias en la digestión ruminal (Wilson *et al.*, 1983). Un hecho que caracteriza a las especies C₄ es la vaina de células especializadas que rodea a los haces vasculares (vainas Kranz). Estas células generalmente tienen gruesas paredes y son relativamente resistentes a la degradación por los microorga-

nismos del rumen. En las especies estudiadas, la vaina Kranz representa valores que oscilan entre 9, 61 % (*Setaria cordobensis*) a 28,13 % (*Sporobolus indicus*).

Las dos especies C₃ estudiadas presentaron una alta proporción de clorénquima, además *Luziola peruviana*, por el medio palustre en que crece, mostró bajo porcentaje de tejidos con paredes gruesas y lignificadas. *Nassella neesiana* en tanto muestra los valores más altos de esclerén-quima. Estas dos especies muestran valores de TLND (*Nassella neesiana*: 48,75 %; y *Luziola peruviana*: 43,03 %) cercanos al promedio de todas las especies (53,22 %); pero entre sí es posible encontrar: porcentajes similares de clorénquima, mayor porcentaje de esclerénquima en *Nassella neesiana* y mayores valores de epidermis adaxial, epidermis abaxial y vaina parenquimática en *Luziola peruviana*. Es de destacar en esta última especie el muy bajo porcentaje de esclerénquima (4,16 %).

Resulta interesante destacar la variación en el porcentaje de esclerénquima que muestran las especies estudiadas, que oscila entre el 21,52 % en *Nassella neesiana* y 1,32 % en *Paspalum plicatulum*. También es la variación en el porcentaje de clorénquima que oscila entre un máximo de 55,75 % en *Urochloa lorentziana* y un mínimo de 6,49 % en *Sporobolus indicus*.

Wilson (1990) considera que se presenta un mayor porcentaje de los tejidos vasculares más esclerénquima en especies C₄ respecto a las C₃; nuestros resultados, en contraste, indican gran variación en los valores registrados por las distintas especies estudiadas en los porcentajes de tales tejidos, independientemente de su condición de C₄ o C₃.

Los estudios sobre porcentajes de tejidos han provisto criterios relacionados con el mejoramiento de la digestibilidad de los pastos (Ehlke & Casler, 1985), pero pocos

estudios han sido realizados en relación con características estructurales de las células que integran esos tejidos: grosor de pared, lignificación y longitud de las fibras y facilidad para ser rotas durante la masticación, todo lo cual está en estrecha relación con el consumo y con el tamaño de las partículas en el rumen (Minson & Wilson, 1994).

Estudios previos indican que las diferencias más importantes en el porcentaje de tejidos entre especies C₃ y C₄ ocasionan diferencias en la digestibilidad de gramíneas templadas versus las tropicales (Wilson *et al.*, 1983). *Luziola preuviana* y *Nassella neesiana* presentaron una alta proporción de mesófilo, fácilmente digestible y *Luziana peruviana* un bajo contenido de tejidos con paredes gruesas y lignificadas, proporción comparable con las descriptas para gramíneas templadas (Akin & Burdick, 1975; Wilson & Hacker, 1987). *Nassella neesiana*, en tanto, muestra valores muy altos de esclerénquima.

Un hecho que caracteriza a las especies C₄ es la vaina de células especializadas que rodea a los haces vasculares. Estas células generalmente tienen gruesas paredes (Caro-lin *et al.*, 1973) y son relativamente resistentes a la degradación por los microorganismos del rumen (Akin & Burdick, 1975). En las especies estudiadas, esta vaina representa valores que oscilan entre 9,61 % (*Setaria cordobensis*) a 28,13 % (*Sporobolus indicus*). En general las especies C₄ presentan un bajo porcentaje de clorénquima, se exceptúan *Setaria cordobensis* y *Urochloa lorentziana*, característica que están asociadas a un material lentamente digestible o indigestible (Wilson *et al.*, 1983).

En general, existe la siguiente tendencia en la proporción y velocidad de digestión de los distintos tejidos foliares de las gramíneas: mesófilo y floema > epidermis, vaina parenquimática > esclerénquima > xilema

(Wilson, 1990; Melo & Boetto, 1993).

Es importante señalar que: diferencias debidas a la anatomía foliar C₃ o C₄ son más importantes para determinar la digestión del forraje que aquellas ocasionadas por desigualdades en las condiciones ambientales en que crece una especie determinada o en la edad de la hoja analizada (Wilson & Hacker, 1987).

En este tipo de estudios es fundamental uniformar la posición de la hoja que se analiza pues su anatomía varía a lo largo de la planta y la etapa fenológica. Esto último modifica el grado de lignificación de los tejidos más que el porcentaje de los mismos (Wilson & Hatfield, 1997).

BIBLIOGRAFIA

- AKIN, D. E.** 1984. Microbial breakdown of feed in the digestive tract. (pp. 201-223). In: HA-CKER, J. B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Proc. Int. Symp, St Lucia, QLD, Australia., CAB, Farnham Royal UK 536 p.
- AKIN, D. E. & D. BURDICK.** 1975. Percentage of tissues types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissues by rumen microorganisms. *Crop Sci.* 15: 661-668.
- AKIN, D. E.; L. L. RIGSBY; W. W. HANNA & R. N. GATES.** 1991. Structure and digestibility of tissues in normal and brown midrib pearl millet (*Penisetum glaucum*). *J. Sci. Food Agric.* 56: 523-538.
- CAROLIN, R. C.; S. W. JACOBS & M. VESK.** 1973. The structure of the cells of the mesophyll and parenchymatous bundle sheath of the Gramineae. *Bot. J. Linn. Soc.* 66: 259-275.
- CLAYTON, W. & S. A. RENVOINZE.** 1986. *Genera Gramineum*. Ed. H. M. S. O. Books. London. 389 pp.

- EHLKE, N. J. & M. D. CASLER.** 1985. Anatomical characteristic of smooth bromegrass clones selected for in vitro dry matter digestibility. *Crop Sci.* 25: 513-517.
- ELLIS, R. P.** 1977. Distribution of the Kranz syndrome in the southern African Eragrostoidae and Panicoidae according to bundle sheath anatomy and cytology. *Agroplanta* 9: 73-110.
- FERRES TERRA, P.** 1982. Evaluación primaria de gramíneas forrajeras por el método de la transección foliar. *Rev. Técnica Fac. Agron., Univ. Republica del Uruguay* 52: 77-102.
- FRECENTESE, M. A. & N. P. STRITZLER.** 1985. Ataque diferencial de la flora ruminal bovina sobre tejidos foliares de gramíneas estivales. *Rev. Argent. Prod. Anim.* 5: 531-540.
- JOHANSEN, D. A.** 1940. *Plant microtechnique.* Ed. Mc Graw Hill. New York: 523 pp.
- MASAOKA, Y.; J. R. WILSON & J. B. HACKER.** 1991. Selecting for nutritive value in *Digitaria milanjiana* III. Relation of chemical composition and morphological and anatomical characteristics to the difference in digestibility of divergently selected full sibs, and comparison with *D. eriantha* ssp. *pentzii* (pangola grass). *Austr. J. Exp. Agric.* 31: 631-638.
- MELO, O. E. & G. C. BOETTO.** 1993. Gramíneas Tropicales y Templadas. Características y zonas de adaptación. Colección "Ganadería en zonas cálidas" Cuadernillo N° 1. 32 p.
- METCALFE, C. R.** 1960. *Anatomy of Monocotyledons. I Gramineae.* Oxford University Press. London: 731 pp.
- MINSON, D. J. & J. R. WILSON.** 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. (pp. 533-563) In: FAHEY, G.C. (ed.). *Forage Quality, Evaluation, and Utilization.* Am. Soc. of Agronomy, Madison, USA.
- NUCIARI, M. C.; M. S. CID & N. STRITZLER.** 1994. Porcentajes de diferentes tejidos foliares de dos especies del genero *Elytrigia* como un indicador preliminar de su potencial forrajero. VI Congr. Latinoam. Bot. (Resúmenes) Mar del Plata. pp. 504.
- NUCIARI, M. C.; M. S. CID; J. P. FAY & N. STRITZLER.** 1997. Porcentajes de tejidos lentamente digestibles e indigestibles en *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabrighumis*. *Archivos Latinoam. Prod. Anim.* 5 supl.1:118-121
- SANCHEZ, E. & M. O. ARRIAGA.** 1990. El síndrome de Kranz en Poaceae de la flora argentina. *Parodiana* 6: 73-102.
- TIVANO, J. C. & F. A. HEINZEN.** 1996. Anatomía cuantitativa en 3 cultivares de *Dichanthium aristatum* (Poir.) C.E. Hubbard (Poaceae) para inferir su valor forrajero. *Rev. Fac. Agron., La Plata* 101: 15-23.
- TIVANO, J. C.; A. C. VEGETTI & M. E. BRO-LLO.** 1990. Utilización de los caracteres histofoliares en la evaluación de la calidad forrajera de 7 líneas de *Paspalum dilatatum* Poir. (Poaceae). *Rev. Argent. Prod. Anim.* 10: 13-17.
- WILSON, J. R.** 1990. Influence of Plant Anatomy on Digestion and Fibre Breakdown. (p.p. 99-117). In: AKIN *et al.*, (eds.). *Microbial and Plant Opportunities to improve the Utilization of Lignocellulose by Ruminants.* Elsevier Sci. Pub.
- WILSON, J. R.** 1991. Plant structures: their digestive and physical breakdown. (p.p. 207-216). In: *Recent Advances on the Nutrition of Herbivores.* Ed. MSPA. Australia.
- WILSON, J. R.; R. H. BROWN & W. R. WINDHAM.** 1983. Influence of Leaf anatomy on the dry matter digestibility of C₃, C₄, and C₃/C₄ intermediate types of *Panicum* species. *Crop Sci.* 23: 141-146.
- WILSON, J. R. & J. B. HACKER.** 1987. Comparative digestibility and anatomy of some sympatric C₃ and C₄ arid zone grasses. *Aust. J. Agric. Res.* 38: 287-95.
- WILSON, J. R & R. HATFIELD.** 1997. Structural and chemical changes of cell wall types