

## VALOR FORRAJERO DE *Elymus breviaristatus* (HITCHC.) Á. LÖVE SUBSP. *Scabrifolius* Y *E. Scabriglumis* (HACK.) Á. LÖVE (POACEAE) DEL SUDESTE BONAERENSE (ARGENTINA) A PARTIR DE CARACTERES HISTOFOLIARES

Nuciari, M. C.<sup>1</sup>

Recibido: 30/03/05 Aceptado: 05/05/06

### RESUMEN

Se analizaron caracteres histofoliareos de dos especies forrajeras del sudeste bonaerense: *Elymus breviaristatus* (Hitchc.) Á Löve subsp. *scabrifolium* y *Elymus scabriglumis* (Hack.) Á Löve a fin de estimar su valor forrajero. Los caracteres estudiados fueron: el área de las semiláminas, el tamaño y número de paquetes de fibras esclerenquimáticas y de haces vasculares, y el porcentaje de clorénquima, parénquima, esclerenquima, vainas, epidermis, floema y xilema. Los mismos fueron tomados tanto en láminas como en vainas y en estado vegetativo y reproductivo. Se utilizaron semillas del Banco de germoplasma de la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria): *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* BAL 890082, Alo 1384, 13/1/89 (Punta Indio, Pcia. Bs. As) y *E. scabriglumis* BAL 890069, Cl 464, 15/3/89, Coronel Dorrego, Pcia. Bs. As). Semillas germinadas se implantaron en parcelas con un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones. Para cada especie y estado de desarrollo se analizaron 5 transcortes de cada una de 5 láminas y 5 vainas seleccionadas al azar por parcela. Los datos se analizaron por ANOVA, con un nivel de  $\alpha=0,05$  en la comparación de medias. Las fuentes de variación entre los caracteres anatómicos estimados y el porcentaje de tejidos foliares se analizaron por componentes principales. Hubo interacción especie x parte en el área de los haces vasculares primarios y secundarios. El área de los últimos difirió entre especies según el estado (en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* el área de los haces secundarios fue mayor en estado reproductivo, mientras que en *E. scabriglumis* lo fueron en vegetativo) y entre fracciones según el estado de desarrollo (para ambas especies en el estado vegetativo, las áreas promedio son más grandes en las vainas que en las láminas y son similares en ambas fracciones en el estado reproductivo). En *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* el porcentaje total de tejidos lentamente degradables e indegradables superó al de *E. scabriglumis*. También se incrementó en el período reproductivo. Considerando los tejidos individualmente hubo variaciones entre especies, fracciones foliares y estados de desarrollo (por ejemplo el mayor porcentaje de esclerenquima se observó en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* en las vainas foliares (9,36 vs. 5,5% en *E. scabriglumis*) y en el estado reproductivo (9,75 vs. 5,14% en estado vegetativo). El análisis de componentes principales indica una clara diferenciación en los caracteres histofoliareos evaluados entre las fracciones foliares y los estados fenológicos. Los resultados son discutidos en relación al proceso de digestión e indican que tanto *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* como *E. scabriglumis*, serían especies de buen potencial forrajero por su bajo porcentaje (inferior al 15%) de tejidos de digestión lenta o nula (TLDI). Sin embargo, los porcentajes de TLDI aumentan en el estado reproductivo un 12%, sobre todo en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* con lo cual su potencial valor nutritivo decae más marcadamente respecto de *E. scabriglumis*. En cambio, la relativa constancia en los valores de tejidos lentamente degradables e indegradables de *E. scabriglumis* en los períodos vegetativo y reproductivo hacen que esta especie mantenga su calidad durante todo el año.

**PALABRAS CLAVE:** Poáceas, valor forrajero, caracteres histofoliareos, especies invierno-primaverales.

<sup>1</sup>Cátedra de Botánica Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata) Cc 276- CP (7620)- Balcarce-Argentina.

## SUMMARY

FORAGE VALUE OF *Elymus breviaristatus* (HITCHC.) Á. LÖVE SUBSP. *Scabrifolius* AND *E. Scabriglumis* (HACK) Á. LÖVE (POACEAE) OF SOUTHEAST OF BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINE) BASED ON HISTOFOLIAR CHARACTERS

Histofoliar characteres of two forage species of the southeast of Buenos Aires province, *Elymus breviaristatus* (Hitc.) Á Löve subsp. *scabrifolium* and *Elymus scabriglumis* (Hack.) Á Löve It were analyzed in order to estimated their forage value. The semi laminar area, schlerenchymatic fibers and area and number of vascular bundle, as well as chlorenchyma, parenchyma, schlerenchyma, vascular bundle sheaths, epiderms, phloem and xylem percentages were estimated. These were taken in blades and sheaths and at vegetative and reproductive stages. Seeds of germoplasm banc of EEA (Agropecuaria Experimental station) Balcarce of INTA (National Institute of Agropecuary Technology); (*E. breviaristatus subsp. scabrifolius* BAL 890082, Alo 1384, 13/1/89 (Punta Indio, Buenos Aires province) and *E. scabriglumis* BAL 890069, CI 464, 15/3/89, Coronel Dorrego, Buenos Aires province) it were utilized. Germinated seeds were planted in plots in a randomized complete block design with 3 replications. Five cross sections of each of five blades and sheaths were analyzed by plot for each specie and developmental stage. Data were analyzed by Anova with  $\alpha=0.05$  as means comparation. Tissue percentage and hystological character relationships were analyzed by principal components. It was found a specie by leaf part interaction on primary and secondary vascular bundles. The area of the letter differed from specie by developmental stages. In *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* the area of secondary vascular bundle was higher at reproductive stage, while in *E. scabriglumis* it was on vegetative one. For both species at vegetative stage, means area were higher in sheaths than blades, and were similar in both leaf parts at reproductive stage.

The slowly degradable and non degradable tissue percentages in *E. breviaristatus subsp. sabrifolius* was higher than *E. scabriglumis*. They were also higher at reproductive stage. If each tissue is considered individually, there were species by leaf part interaction, as well as developmental stage by leaf part and species by developmental stage. The higher percentage of schlerenchyma was observed in sheaths *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* (9.36 vs. 5.5% in *E. scabriglumis*) and at reproductive stage (9.75 vs. 5.14% at vegeative stage). The principal component analysis indicates a differentiation between leaf parts and developmental sages. Result were discuted related on digestive process and indicated *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* as well as *E. scabriglumis*, could be consider of potential forage value by their content (lower than 15%) of slowly or non digestible tissue types (TLDI). Nevertheless, TLDI percentages are 12 % higher at reproductive period, specially in *E. breviaristatus subps. scabrifolius*, so their forage value decrease more rapidly respect to *E. scabriglumis*. By the contrair, the constant values in TLDI of *E. scabriglumis* at developmental stages suggest this specie keep their quality during all the year.

**KEY WORDS:** Poaceae, nutritive value, hystological characters, cool- season species.

## INTRODUCCIÓN

A partir de la década del 60 comienzan a realizarse estudios con tejidos marcados por luz polarizada en microscopía óptica, que se basan en la observación de porciones de tejidos atacadas y no atacadas por la microbiota del rumen (Akin, 1979). Este enfoque ha permitido la clasificación de los tejidos foliares según su grado de digestión (Akin & Burdick, 1973 y 1975; Akin, 1989). La proporción relativa de cada tejido en los distintos órganos diferencia tanto los grupos de plantas  $C_3$  y  $C_4$  como las fracciones de una misma planta (Wilson, 1993). Por esa razón, es útil la esti-

mación *a priori* del porcentaje de estos tejidos indigestibles en secciones de hojas o tallos (Barnes, 1973). El método, sin embargo, no ha sido ampliamente adoptado en la evaluación de forrajes. En Sudamérica, Ferrés Terra (1982) agrupa especies invernales de los pastizales uruguayos de acuerdo a las relaciones porcentuales de los tejidos foliares, los cuales tendrían relación con la aptitud forrajera. El autor menciona un primer grupo de especies anuales, en el que incluye a *Lolium multiflorum* y *Avena sativa*, con mínimos porcentajes de tejidos indigestibles (tejido vascular y esclerénquima) que poseen según el autor, mayor terniza respecto de las especies perennes. Estas

últimas poseen porcentajes máximos de clorénquima y/o mínimos de tejidos indigestibles. *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*, entre otros, serían ejemplos de dicho grupo y *Bromus catharticus*, considerada en Uruguay como una de las mejores forrajeras. Algunas especies de *Stipa* y *Bromus auleticus*, entre otros, corresponden al grupo cuyos porcentajes de clorénquima fueron medidos entre 50 y 60 % y esclerénquima y tejido vascular entre 10 y 20 %. Un último grupo de especies perennes invernales, consideradas por Rosengurt (1979) como pastos duros, tendrían menos de 50% de clorénquima, cuyas células además son de menor tamaño que las especies tiernas, y más de 20% de tejidos indigestibles (Ferrés Terra, 1982). La contribución de estos tejidos a la materia seca de cada fracción durante la formación de nuevas hojas o entrenudos determina una compleja heterogeneidad en la composición de las fibras en forrajes maduros, y afectará los parámetros de calidad nutritiva (Buxton & Casler, 1993). Además, el arreglo estructural de los tejidos en las distintas fracciones de la planta y en distinto periodo de desarrollo, influye en la digestión de las mismas (Hacker & Minson, 1981; Wilson, 1993; Buxton *et al.*, 1996). En las últimas décadas se ha considerado también la relación entre el área accesible a los microorganismos y el grosor de las paredes de cada tejido (Fisher *et al.*, 1989; Buxton & Redfearn, 1997). Desde el punto de vista nutricional, estas características son importantes, ya que el contenido celular digestible no es fácilmente accesible y demora la fermentación, causando retención del alimento en el rumen (Wilson, 1993). Por esta razón, también es importante incluir el estudio de caracteres anatómicos de plantas forrajeras y su efecto en el proceso digestivo (Mertens & Ely, 1982; Wilson *et al.*, 1989). Es así que la línea de investigación basada en el análisis de caracteres histofoliales conducirá a la determinación cuali y cuantitativa del ataque diferencial de la microbiota ruminal bovina sobre los tejidos foliares y permitirá comparaciones con parámetros de asimilación animal (Frecentese & Stritzler, 1985). Tales características podrían ser incluidas entre los parámetros considerados en el mejoramiento genético y en la selección de forrajeras (Akin, 1989; Frecentese & Stritzler, 1985), como se ha probado entre otras especies (Hastert *et al.*, 1983; Elke & Casler, 1985; Casler & Carpenter, 1989). Este enfoque no ha sido planteado aún en la evaluación primaria de especies naturalizadas de la Depresión del Salado. En los pastizales naturales de la zona, cuyo principal uso es la producción de forrajes para la cría de vacunos, crecen varias especies naturalizadas cuya producción y calidad nutritiva son buenas (Rosso & Bertín, 1990; Hidalgo *et al.*, 1998), lo que justifica la realización de actividades

tendientes a la preservación, caracterización y utilización de estos recursos (Deregibus, 1979; Clausen *et al.* 1989).

*Elymus breviaristatus* (Hitchc.) Á Löve *subsp. scabrifolium* [= *Elymus scabrifolius* (Doell.) J. H. Hunz. Comb. Stat. Nov. ], vulgarmente conocida como “agropiro criollo”, y *Elymus scabriglumis* (Hack.) Á Löve [= *Agropyron scabriglume* (Hackel) L. Parodi] son especies perennes, de ciclo invierno-primaveral, y han sido descritas como apetecibles por el ganado y de buena aptitud forrajera (Cabrera, 1970; Vargas López, 1982; Gargano *et al.*, 1988). Además, ambas especies son resistentes a sequías y bajas temperaturas, tolerantes a suelos alcalinos y salinos, y poseen buena productividad en la pampa húmeda y semiárida (Covas, 1968; Vargas López, 1982; Sanson & Juan, 1982; Rosso & Bertín, 1990; Nuciari *et al.* 2000). Dado su ciclo de producción invernal, estas especies representan una oferta de forraje en el período de menor disponibilidad. Láminas y vainas de *E. scabriglumis* en estado vegetativo y reproductivo, y de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en invierno, superaron (Nuciari *et al.* 2000) los requerimientos mínimos de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y proteína bruta para mantenimiento de bovinos para carne (Van Soest, 1994). Por otro lado, el porcentaje de tejidos lentamente degradables e indegradables varió en ambas especies entre estados de desarrollo (Nuciari *et al.*, 1997), con incremento hacia la madurez en los porcentajes de esclerénquima, vainas de los haces y epidermis superior, y correlacionados con parámetros estándares de calidad (Nuciari *et al.*, 2000). El objetivo de este trabajo fue: describir los caracteres histofoliales de láminas y vainas en estados vegetativo y reproductivo, estimando los porcentajes de tejidos considerados de degradación lenta o indegradables, a fin de contribuir a la evaluación de la calidad forrajera de ambas especies.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas del Banco de germoplasma de la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria): *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* BAL 890082, Alo 1384, 13/1/89 (Punta Indio, Pcia. Bs. As.) y *E. scabriglumis* BAL 890069, Cl 464, 15/3/89, Coronel Dorrego, Pcia. Bs. As.). Las semillas fueron sembradas en cámaras con condiciones ambientales controladas. El régimen térmico para las semillas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* fue de 16 h a 15°C y 8 h a 20°C, mientras que para las semillas de *E. scabriglumis* fue 16 h a 20°C y 8 h a 30°C, con fotoperíodo de 8 h, coincidente con las mayor temperatura para ambas

especies (Guma & Alonso, 1997). Plántulas de aproximadamente una semana de crecimiento se transplantaron a macetas en el invernáculo en diciembre de 1993. A fines de febrero de 1994 las matas se llevaron al campo con un diseño de parcelas completamente aleatorizadas, y tres repeticiones. El ensayo se llevó a cabo en parcelas de 2 x 2 m en un área de la EEA Balcarce INTA (37°45' S, 58°18' E, 130 m.s.n.m) con un suelo argiudol típico. Cada parcela se consideró como una unidad experimental. En cada una de ellas se implantaron 9 plantas, con una separación de 0,5 m entre sí y con borduras de 0,5 m en todo su perímetro. Durante el año 1995 se realizaron dos cortes de limpieza en cada parcela. El primero se realizó en el mes de mayo para remover el material muerto y estimular el macollaje. El segundo se realizó en setiembre. Las alturas de los cortes se determinaron de acuerdo a la morfología de las matas y se realizaron a nivel de la lígula de la última hoja extendida. En *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, por su mayor porte, se realizó a 20 cm del suelo, y en *E. scabriglumis* a 10 cm. Los muestreos se realizaron en agosto, cuando todas las matas se encontraban en estado vegetativo (EV) y en diciembre cuando un alto porcentaje de los macollos había florecido (estado reproductivo= ER). La última fecha de muestreo varió para las dos especies, ya que *E. scabriglumis* florece con anterioridad, de manera que la cosecha del material reproductivo fue el 7/12 para *E. scabriglumis* y el 20/12 para *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*. Se cosechó todo el material de cada parcela, del que se descartó el material muerto. El material verde fue separado en láminas y vainas en EV y láminas, vainas más tallos, e inflorescencias para el ER. Por simplicidad, a la fracción vainas más tallos se la denominará en adelante, "vainas". Dada la altura del corte, las inflorescencias conservaban su pedúnculo y una mínima fracción del tallo elongado. En cada fecha de muestreo se seleccionaron al azar 40 hojas verdes por parcela. En ER se eliminaron las hojas bandera. Las láminas se cortaron en fragmentos de 2-3 cm eliminándose sectores de 1,5 cm de las regiones proximal y distal. Los trozos se fijaron en solución de alcohol etílico, agua destilada, formol y ácido acético glacial (FAA) y se procesaron según la técnica de inclusión en parafina (Sass, 1958) para cortes transversales (20 micras) con micrótopo manual. Posteriormente se colorearon con doble coloración safranina- verde rápido (Johansen, 1940). Para cada especie y estado de desarrollo se analizaron 5 transcortes de cada una de 5 láminas seleccionadas al azar por parcela, que abarcaron de 2 a 4 haces vasculares primarios. El área representada por cada tejido en los transcortes se dibujó con tubo de dibujo (100x). Se digitalizaron las áreas con el programa de diseño gráfico Auto CAD R12, utilizando una tableta digitalizadora Genius

1812 cuya exactitud es de  $\pm 0,200$  mm. Posteriormente el dibujo se transformó en una red de polígonos mediante el programa Arc CAD (cada tejido se representó por un polígono distinto) que permite calcular, entre otras, la superficie (en  $\text{mm}^2$ ) de cada uno. En base a la observación de los cortes se realizó la descripción anatómica y se estimaron: el área (en  $\text{mm}^2$ ) de las semiláminas, el tamaño (en  $\text{mm}^2$ ) y número de paquetes de fibras esclerenquimáticas y de haces vasculares primarios y secundarios, para láminas y vainas, y el porcentaje de: clorénquima, parénquima, esclerenquima, vainas, epidermis superior e inferior, floema y xilema. Además, se tomaron fotografías de los cortes utilizando una cámara digital Kodak MDS 120. Los datos de los caracteres foliares se analizaron por ANVA con un diseño de parcelas divididas, con especie como parcela, estado de desarrollo como subparcela y parte de la hoja como subsubparcela. La comparación de medias se realizó por el test de Duncan considerándose significativas las diferencias a nivel de  $\alpha = 0,05$ . Las fuentes de variación entre los caracteres anatómicos estimados y el porcentaje de tejidos foliares se analizaron por componentes principales (Jobson, 1992) usando el paquete estadístico NT-SYS (Numerical Taxonomy Systems of Multivariate Statistical Programs) desarrollado por Rohlf *et al.* (1971). Para el análisis se construyó una matriz básica de datos, compuesta por 14 caracteres y 8 unidades operativas. Los caracteres incluidos fueron los porcentajes de: epidermis superior e inferior, xilema, floema, clorénquima, esclerenquima, parénquima y vaina de los haces y número y área de paquetes de fibras y haces vasculares primarios y secundarios. Las unidades operativas fueron los promedios de tres repeticiones por especie, para cada fracción foliar y estado de desarrollo (3x2x2x2). El estudio de la matriz básica de datos se efectuó mediante un análisis Q (asociación entre unidades operativas). La similitud entre unidades se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Pearson (Kleimbaum & Kupper, 1978). Para la representación gráfica se utilizó un gráfico bidimensional con los dos primeros componentes como ejes del plano.

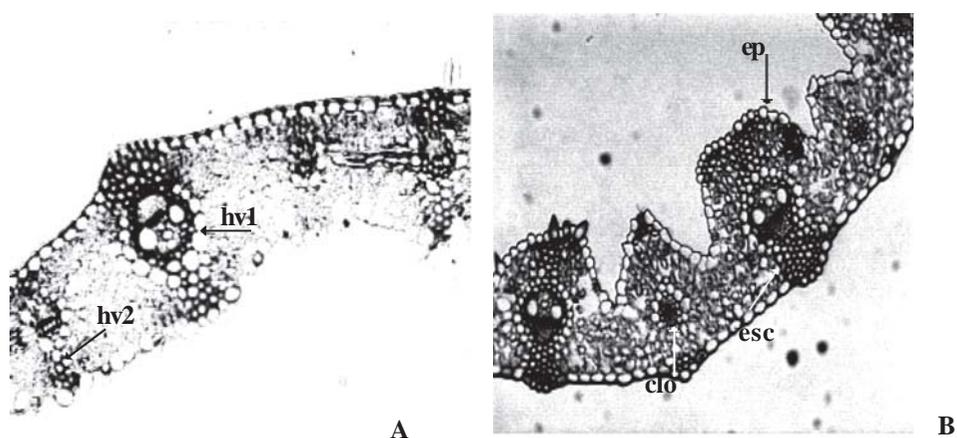
## RESULTADOS

### Características cuali y cuantitativas de láminas y vainas

La estructura anatómica de las láminas de las dos especies estudiadas en este trabajo responde al tipo Festucoide (Esau, 1987). En transcortes, las láminas tienen la forma de una V abierta, con extremos obtusos, mientras que las vainas tienen forma convoluta con extremos más agudos. La cara superior de láminas y vainas es ondulada y la cara

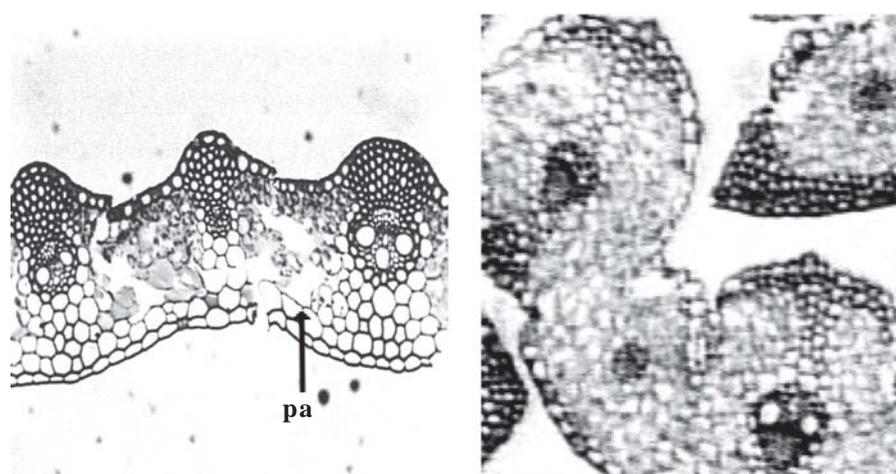
inferior presenta ondulaciones leves. La costilla central en láminas y vainas es conspicua con un haz primario y dos secundarios. Las semiláminas son simétricas. El contorno de los haces vasculares en láminas y vainas es de suborbicular a elíptico (Figuras 1 y 2). El número de haces primarios es mayor en las vainas foliares que en las láminas. Los haces primarios están rodeados por una vaina mestomática completa con células de paredes radiales engrosadas y una vaina parenquimática que posee células

de mayor tamaño, paredes delgadas y abundantes cloroplastos. El tejido parenquimático, de células anchas isodiamétricas y de paredes finas, rodea a los haces y se continúa hacia ambas epidermis en transición con el esclerénquima. El clorénquima es de disposición difusa. En *E. scabriglumis* puede presentarse más regularmente sobre los haces primarios de láminas y vainas. El tejido esclerenquimático, con células de paredes gruesas, es discontinuo. En *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* se dis-



**Figura 1.** Anatomía en transcortes de láminas (125x) de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* (A) y *E. scabriglumis* (B). Coloración safranina-verde rápido.

**Ref. :** haz vascular primario (hv1) y secundario (hv2), clorénquima (clo), esclerénquima (esc) y pidermis (ep).



**Figura 2.** Anatomía en transcortes de vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* (A) (50x) y *E. scabriglumis* (B) (125x). Coloración safranina-verde rápido.

**Ref. :** parénquima (pa).

pone en grupos hipodérmicos adaxiales y abaxiales en relación con los haces primarios y secundarios. En *E. scabriglumis*, y tanto en láminas como en vainas, los grupos de fibras se relacionan sólo con los haces primarios, pudiendo reducirse en los haces secundarios o simplemente faltar. Las células buliformes se presentan en número mínimo de tres en el fondo de los surcos adaxiales.

En base a las observaciones realizadas en láminas y vainas fue posible establecer diferencias cuantitativas entre las especies estudiadas. El área de los paquetes de fibras fue mayor en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, con un valor promedio de 458,7 mm<sup>2</sup> entre ambas fracciones de las hojas y en los dos estados de desarrollo evaluados. En *E. scabriglumis*, en cambio, el promedio fue

259,5 mm<sup>2</sup> (Cuadro 1). Asimismo el número promedio de paquetes de fibras fue superior en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*. El área de las semiláminas fue mayor ( $p < 0,01$ ) en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, tanto en EV como en ER. El área de los haces primarios fue el carácter que evidenció diferencias más notables entre los estados fenológicos, siendo mayores en estado reproductivo (Cuadros 1 y 2). El número de haces primarios difirió entre las fracciones de las hojas, ya que las láminas tuvieron un promedio menor (Cuadro 2). También hubo diferencias en el área de los haces, tanto primarios como secundarios entre las especies según la fracción de la hoja considerada (interacción especie x parte; Cuadro 2). El área promedio de los haces primarios en las vainas fue casi el doble del

**Cuadro 1.** Caracteres foliares ( $X \pm DE$ ) estimados en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

	<i>Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius</i>		<i>E. scabriglumis</i>	
	vegetativo	reproductivo	vegetativo	reproductivo
<b>Área de la semilámina (mm<sup>2</sup>)</b>	4081,0 ± 0,1	3490,0 ± 0,0	2384,0 ± 0,9	1291,0 ± 0,0
<b>Área de haces primarios</b>				
Láminas				
Vainas	271,4 ± 2,7	157,2 ± 2,8	393,1 ± 2,1	330,7 ± 3,9
	597,7 ± 4,7	393,0 ± 1,0	388,4 ± 2,25	242,1 ± 1,4
<b>Área de haces secundarios)</b>				
Láminas				
Vainas	68,3 ± 0,3	167,8 ± 1,6	177,8 ± 0,6	96,7 ± 0,7
	186,5 ± 1,4	143,5 ± 1,6	155,7 ± 0,8	115,4 ± 0,8
<b>Paquetes de fibras:</b>				
<b>Área</b>				
Láminas	352,0 ± 0,7	600,0 ± 0,1	299,0 ± 0,9	213,0 ± 0,4
Vainas	467,0 ± 2,6	416,0 ± 1,2	326,0 ± 1,8	200,0 ± 0,3
<b>Número</b>				
Láminas	9,0 ± 1,8	14,0 ± 0,6	7,6 ± 0,9	8,3 ± 3,2
Vainas	9,0 ± 0,4	12,0 ± 1,9	8,2 ± 2,6	9,6 ± 0,6
<b>Número de haces primarios</b>				
Láminas	4,5 ± 0,3	5,0 ± 0,2	5,0 ± 0,3	5,5 ± 1,0
Vainas	5,5 ± 0,7	5,5 ± 0,7	5,5 ± 0,7	7,0 ± 1,4
<b>Número de haces secundarios</b>				
Láminas	8,0 ± 0,2	8,5 ± 0,15	5,0 ± 1,0	9,5 ± 0,2
Vainas	5,5 ± 0,7	5,5 ± 0,7	7,0 ± 1,0	6,0 ± 1,4

**Cuadro 2.** Cuadrados medios (CM) y nivel de significación en el ANVA de los caracteres foliares de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

Fuentes de Variación	AH1		AH2		NH1		NH2		AFI		NFI		Ase	
<b>Especie</b>	4,05	NS	0,02	NS	1,56	NS	0,00	NS	23,84	*	3,79	NS	11,37	**
<b>Estado</b>	290,4	**	1,75	NS	1,56	NS	3,28	NS	0,00	NS	22,46	NS	2,12	NS
<b>Parte</b>	223,09	**	6,30	NS	3,06	*	11,52	NS	0,12	NS	17,99	NS	-----	
<b>Especie x Estado</b>	11,8	NS	28,6	**	0,56	NS	1,87	NS	6,30	**	4,86	NS	0,18	NS
<b>Especie x Parte</b>	443,5	**	15,31	**	0,06	NS	4,20	NS	0,26	NS	4,68	NS	-----	
<b>Estado x Parte</b>	30,37	NS	16,9	**	0,06	NS	0,02	NS	4,35	NS	46,81	NS	-----	

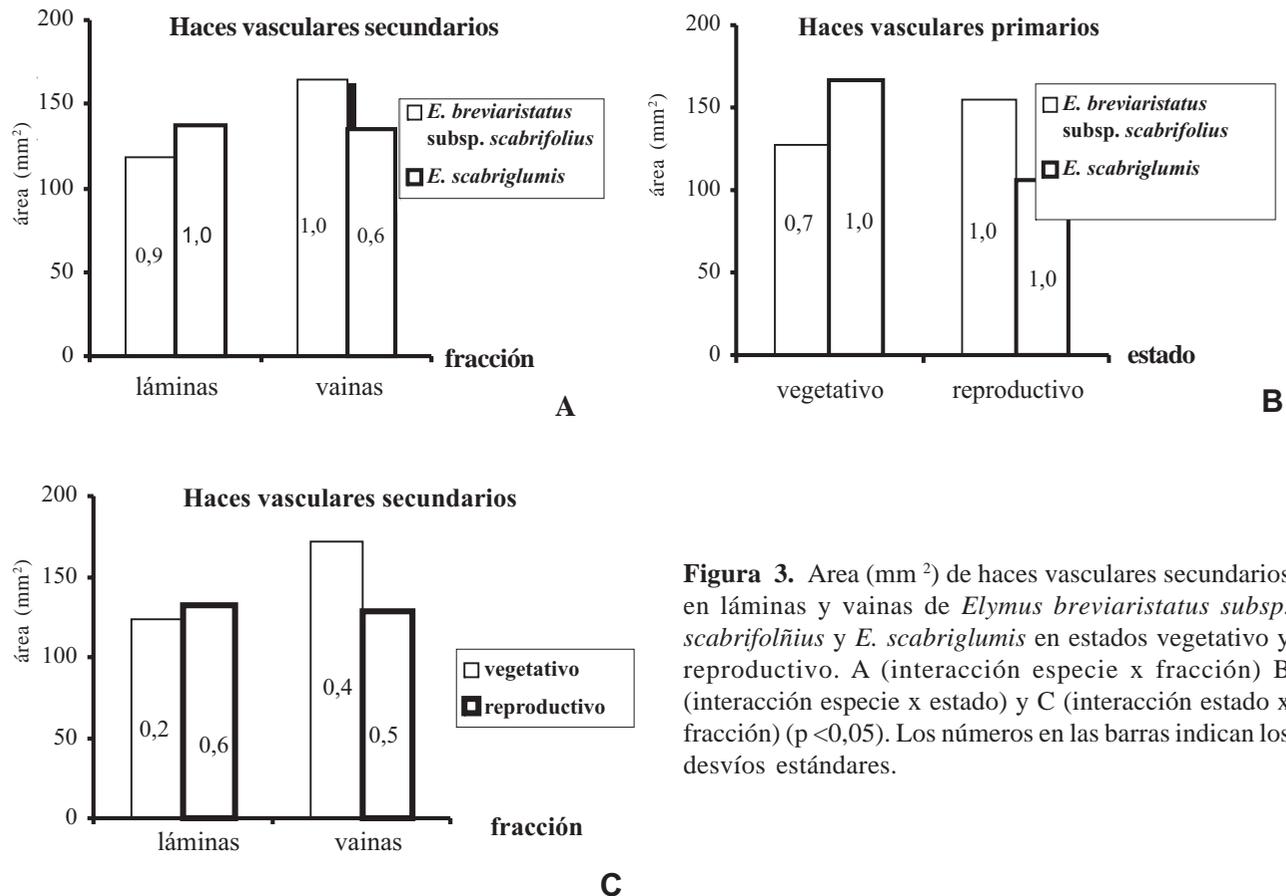
Ref.: A (área) Fi (fibras) N (número) H1 y H2 (haces primario y secundario) se (semilámina) \* p < 0,05, \*\* p < 0,01 NS= no significativo.

área de los haces de las láminas en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* (495 vs. 219,3 mm<sup>2</sup>), mientras que en *E. scabriglumis* su tamaño fue semejante en láminas y vainas. Del mismo modo, el área de los haces secundarios fue semejante en láminas y vainas de *E. scabriglumis*, y en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* fueron mayores en vainas (165,0 vs. 117,9 mm<sup>2</sup>; Figura 3A). Por otro lado, el área de estos haces fue afectado por la especie y el estado (p < 0,01). En *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* fueron más grandes en estado reproductivo (155,7 vs. 127,6 mm<sup>2</sup>), mientras que en *E. scabriglumis* lo fueron en vegetativo (167,2 vs. 106,1 mm<sup>2</sup>) (Figura 3B). Además, hubo variaciones en el tamaño de los haces secundarios entre las partes de la hoja según el estado de desarrollo (interacción estado x fracción). Para ambas especies, en el estado vegetativo, las áreas promedio son más grandes en las vainas que en las láminas (171,6 vs. 123,2 mm<sup>2</sup>), y en estado reproductivo son similares en ambas fracciones (Figura 3C).

### Porcentajes de tejidos foliares

En *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* el porcentaje total de tejidos lentamente degradables e indegradables (%TLDI), clasificados según Akin y Burdick (1975) (Cuadro 3) (promedio de las dos fracciones de la hoja y los dos estados de desarrollo considerados) fue de 45,6 % superando en 9,4 puntos porcentuales a *E. scabriglumis*, en la que estos tejidos representaron 36,2%. No hubo en cambio diferencias significativas (Cuadro 4) entre las fracciones de la hoja, en la que el porcentaje de TLDI fue de 41,2% en láminas y 40,8% en vainas (Cuadro 3). En cam-

bio, en promedio, el porcentaje de TLDI se incrementó en 12 puntos porcentuales del estado vegetativo al estado reproductivo (35,0 vs. 47,0%). Considerando los tejidos individualmente, la epidermis superior difirió entre las partes de la hoja (Cuadro 4). Para ambas especies y en los dos estados de desarrollo evaluados, el porcentaje de epidermis superior en láminas fue 12,4 %, y en vainas de 8,8% (Figura 4). En los porcentajes de epidermis inferior se manifestó una interacción entre especies, partes de la hoja y estados fenológicos. En láminas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* el aumento del porcentaje de epidermis inferior del estado vegetativo al reproductivo fue de 2,6 %, pero en las vainas el porcentaje de este tejido permaneció constante (Cuadro 4 ; Figura 4), mientras que en *E. scabriglumis* el aumento de este tejido con el avance de la estación de crecimiento fue poco pronunciado (1,4%) en láminas y marcado en vainas (3,6%). El porcentaje de esclerénquima difirió entre especies, estados de desarrollo y fracciones de las hojas. Los mayores porcentajes promedio de este tejido se observaron en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* (9,36 vs. 5,5% de *E. scabriglumis*); en estado reproductivo (9,75 vs. 5,14 % en estado vegetativo), y en las vainas foliares (8,22 vs. 6,6% en las láminas). En cambio el xilema no presentó diferencias significativas (Cuadros 3 y 4; Figura 4). También las especies difirieron en los porcentajes de vainas de los haces según se trató de láminas o de vainas (interacción especie x parte; Cuadro 4; Figura 4). Las vainas de ambas especies tuvieron mayores porcentajes de este tejido respecto de las láminas (12,45 % vs. 10,9 %, en promedio; Cuadro 3), aunque la



**Figura 3.** Área ( $\text{mm}^2$ ) de haces vasculares secundarios en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo. A (interacción especie x fracción) B (interacción especie x estado) y C (interacción estado x fracción) ( $p < 0,05$ ). Los números en las barras indican los desvíos estándares.

diferencia fue más marcada en *E. scabriglumis*. El porcentaje de floema se diferenció entre las especies según el estado de desarrollo (interacción especie x estado). En *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* disminuyó en el estado reproductivo mientras que en *E. scabriglumis* el porcentaje de este tejido fue mayor (Cuadro 4; Figura 5) en el mismo estado. Las especies consideradas en este estudio también difirieron en los porcentajes de floema y de vaina de los haces según la fracción de la hoja (interacción especie x parte; Cuadro 4; Figura 4 y 5). *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* tiene menor porcentaje de floema en vainas, mientras que *E. scabriglumis* posee menores porcentajes en láminas. En cambio las vainas de ambas especies poseen mayores porcentajes de vainas de los haces que en las láminas, aunque la diferencia es más marcada en *E. scabriglumis*. El análisis de componentes principales indica una clara diferenciación en los caracteres anatómicos evaluados entre fracciones de las hojas y entre estados fenológicos (Figura 6). El análisis permitió determinar el valor discriminatorio de los caracteres. Los dos primeros

componentes explicaron el 63% (Cuadro 5) de la variación total de las muestras para esos caracteres. El primer componente explicó el 39,5% de la variación total y los caracteres de mayor contribución al mismo fueron: el porcentaje de epidermis inferior, vainas de los haces y esclerenquima, y el número de paquetes de fibras (Cuadro 6). Considerando el primer componente la discriminación se da con respecto a las dos fracciones de las hojas. El segundo componente explicó el 23,6% de la variación total (Cuadro 5) y los caracteres de mayor contribución fueron el porcentaje de parénquima, el número de paquetes de fibras esclerenquimáticas, y el área de los haces vasculares (Cuadro 6). El segundo componente separó claramente los estados de desarrollo (Figura 6). Los resultados indican, que con la madurez, y sobre todo en las vainas, se incrementó el porcentaje de tejidos considerados de menor degradabilidad, y que, por otra parte, responden a las características de rusticidad de las hojas en este período.

**Cuadro 3.** Porcentajes de tejidos foliares ( $X \pm DS$ ) en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

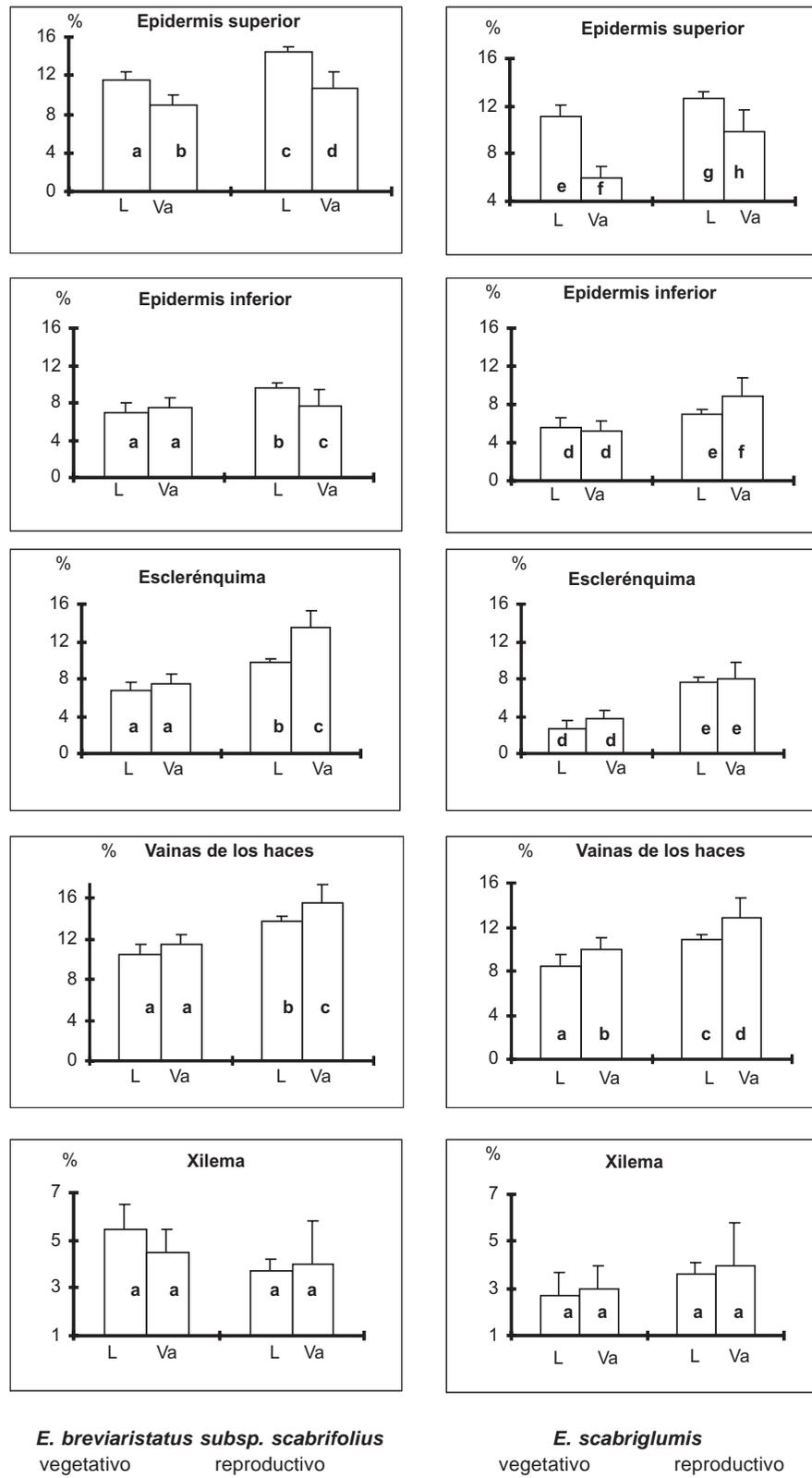
	<i>Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius</i>				<i>E. scabriglumis</i>			
	vegetativo		reproductivo		vegetativo		reproductivo	
	lámina	vaina	lámina	vaina	lámina	vaina	lámina	vaina
<b>Tejidos lentamente degradables (%):</b>								
Epidermis Inferior	7,0 ± 9,0	7,5 ± 9,0	9,6 ± 10,5	7,6 ± 11,0	5,6 ± 8,0	5,3 ± 9,0	7,0 ± 10,0	8,94 ± 10,0
Epidermis Superior	11,4 ± 1,0	9,0 ± 3,0	14,4 ± 2,4	10,6 ± 0,7	11,1 ± 1,5	6,0 ± 1,7	12,7 ± 1,8	9,9 ± 1,3
Xilema	5,5 ± 1,0	4,5 ± 1,0	3,7 ± 0,5	4,0 ± 1,8	2,7 ± 0,4	3,1 ± 0,3	3,6 ± 1,6	4,0 ± 0,1
Esclerénquima	6,8 ± 4,6	7,5 ± 2,8	9,7 ± 2,8	13,5 ± 0,7	2,6 ± 2,7	3,7 ± 1,7	7,6 ± 1,0	8,2 ± 0,8
Vainas del haz	10,5 ± 1,3	11,4 ± 0,5	13,8 ± 1,8	15,5 ± 0,4	8,46 ± 1,2	10,0 ± 1,9	10,9 ± 1,5	12,9 ± 1,0
<b>TLDI</b>	41,3 ± 2,9	40,0 ± 3,9	51,24 ± 7,7	50,9 ± 1,9	30,5 ± 1,5	28,36 ± 5,5	41,8 ± 1,5	44,1 ± 3,0
<b>Tejidos rápidamente degradables (%):</b>								
Parénquima	2,1 ± 1,9	21,0 ± 18,0	0,6 ± 0,8	31,2 ± 10	2,8 ± 2,2	23,4 ± 20	0,9 ± 0,9	4,0 ± 4,6
Clorénquima	53,1 ± 0,6	36,5 ± 15,0	45,8 ± 7,5	15,7 ± 9,0	64,7 ± 2,8	45,7 ± 16	54,0 ± 0,9	48,3 ± 2,9
Floema	3,4 ± 0,6	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,5	2,0 ± 0,5	1,8 ± 0,8	2,58 ± 0,5	3,1 ± 0,2	3,4 ± 0,1
<b>TRD</b>	58,6 ± 6,1	59,8 ± 9,5	48,7 ± 7,9	48,9 ± 6,7	69,3 ± 6,2	71,78 ± 7,2	58,0 ± 6,3	55,7 ± 6,6

Ref: **TLDI** (tejidos lentamente degradables e indegradables), **TRD** (tejidos rápidamente degradables).

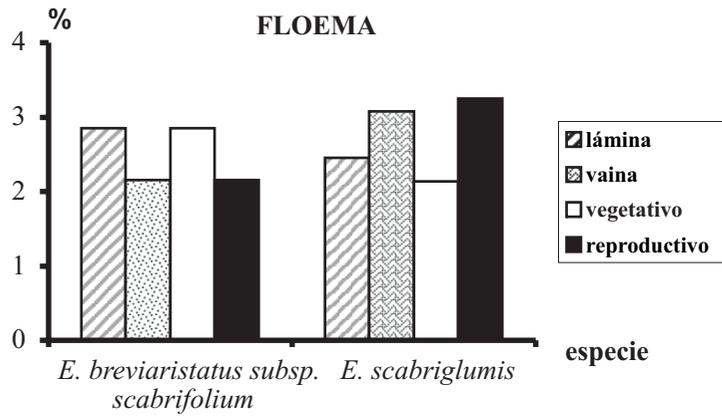
**Cuadro 4.** Cuadrados medios y nivel de significación en el ANVA de porcentajes de tejidos en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

Fuentes de variación	PA	FL	CL	EPI	EPS	VA	ESC	XI	TLDI
<b>Especie</b>	210,2 NS	0,2 NS	1428,8 *	9,2 **	12,7 NS	27,1 **	86,4 *	6,9 NS	563,3 *
<b>Estado</b>	60,6 NS	0,3 NS	493,0 *	22,5 **	39,1 NS	56,8 NS	124,77 **	1,0 NS	867,2 **
<b>Parte</b>	2019,2 *	0,1 NS	1911,7 **	0,0 NS	75,4 **	12,9 NS	15,8 **	0,0 NS	0,7 NS
<b>Especie x estado</b>	336,9 NS	4,9 *	152,7 NS	1,9 NS	0,3 NS	1,1 NS	0, NS	6,1 NS	14,1 NS
<b>Especie x parte</b>	247,0 NS	1,7 *	179,9 NS	3,8 *	1,0 NS	0,7 **	3,3 NS	0,9 NS	0,9 NS
<b>Especie x estado x parte</b>	320,3 NS	0,3 NS	46,1 **	0,0 **	5,1 NS	0,1 NS	3,7 NS	0,9 NS	4,4 NS

Ref : Parénquima (PA) floema (FL) clorénquima (CL) epidermis inferior (EPI) y superior (EPS) vainas (VA) esclerénquima (ESC) xilema (XI) y total de tejidos lentamente degradables e indegradables (TLDI), \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , NS = no significativo.



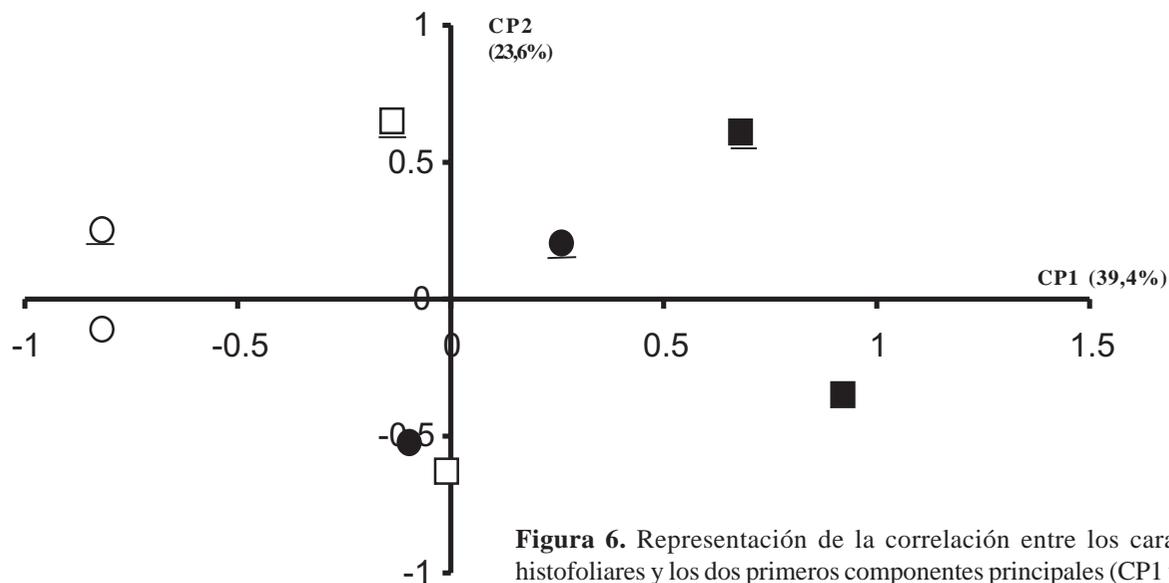
**Figura 4.** Porcentaje de tejidos lentamente degradables e indigestibles en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo. Desvíos estándares en la parte superior de los histogramas. En cada tejido, letras distintas indican diferencias significativas.



**Figura 5.** Porcentajes de floema en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

**Cuadro 5.** Proporción de la variación total explicada por cada componente en el análisis de componentes principales de los porcentajes de tejidos foliares, en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

COMPONENTES	Valor propio	Proporción de la varianza total explicada	
		Absoluta %	Acumulada %
1	5,5	39,46	39,46
2	3,3	23,60	63,07
3	2,0	14,89	77,96
4	1,4	9,90	87,87



**Figura 6.** Representación de la correlación entre los caracteres histofoliare y los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2) para láminas (sin subrayar) y vainas (subrayado) de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* (■) y *E.scabriglumis* (●) en estados vegetativo (en blanco) y reproductivo (en negro). Entre paréntesis: porcentaje de la variación explicado por cada componente.

**Cuadro 6.** Valores de correlación de las variables originales con los dos primeros componentes principales (CP1 y CP 2).

	CP1	CP2
<b>Número</b>		
de paquetes de fibras	9,04	7,32
de haces vasculares primarios	1,08	4,84
de haces vasculares secundarios	2,40	-7,70
<b>Area</b>		
de paquetes de fibras	5,03	1,29
de haces vasculares primarios	-4,69	6,03
de haces vasculares secundarios	-1,30	5,79
<b>Porcentaje de tejidos</b>		
parénquima	-1,89	8,48
clorénquima	-4,88	-6,88
epidermis inferior	9,94	2,26
epidermis superior	6,25	-5,84
vainas de los haces	9,11	2,96
<b>esclerénquima</b>	8,95	2,40
<b>xilema</b>	3,41	-2,59
<b>TLDI</b>	2,83	-9,54

Ref.: TLDI (tejidos lentamente degradables e indegradables).

## DISCUSIÓN

La observación cuali y cuantitativa de caracteres histofoliareos, y su relación con el proceso digestivo, permitirían determinar el valor forrajero de las especies estudiadas (Akin, 1989). En este estudio se observó que el área de la semilámina es mayor en *E. breviaristatus subps. scabrifolius* en los dos estados evaluados. Tivano y Heinzen (1996) encontraron que a mayores áreas de hojas correspondían mayores porcentajes de tejidos foliares

indigestibles, como se observó en los resultados de este estudio. Por otro lado, esos porcentajes tendrían relación con aspectos físicos del proceso digestivo (Wilman & Rezvani Moghaddam, 1998), ya que las hojas con mayor área dificultan una más rápida digestión en el rumen (Wilson & Kennedy, 1996), y por ende afectarían la calidad nutritiva (Mertens & Ely, 1982). La observación cuali y cuantitativa de los caracteres histofoliareos evaluados en este trabajo permiten realizar algunas consideraciones. La disposición del tejido esclerenquimático entre las especies es

diferente. La presencia de densos grupos abaxiales y adaxiales de fibras esclerenquimáticas entre los haces vasculares y la epidermis provoca rigidez en la estructura laminar. Esto, juntamente con la mayor superficie de la lámina foliar, tiene consecuencias prácticas sobre el proceso físico de la digestión en el animal que consume, ya que dificulta la accesibilidad para la actividad enzimática de la microbiota ruminal (Wilson, 1993). Esta particular rigidez en la estructura caracteriza los tipos de Gramíneas tropicales (tipos fotosintéticos  $C_4$ ) en Poáceas. Wilson *et al.* (1989) investigaron la relación entre caracteres anatómicos y aspectos físicos del proceso digestivo en plantas de distinto hábitat, en especial la reducción de partículas durante la masticación y digestión en rumen. Las especies del género *Panicum* ( $C_4$ ) que ellos estudiaron poseían por un lado más del doble en porcentaje de tejidos con paredes gruesas tales como el esclerénquima y las vainas de los haces vasculares, y por otro lado la mitad del clorénquima que las especies  $C_3$ , en porcentaje relativo al total de la hoja. *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* poseen bajos porcentajes de esclerénquima (inferiores al 15%). Considerando estos valores ambas especies se incluirían entre las más palatables según el agrupamiento de Ferrés Terra (1982) para las Poáceas uruguayas. El bajo porcentaje mencionado de este tejido, fundamental en la evaluación de la calidad en base a caracteres histológicos (Wilkins, 1972) indicaría que tanto *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* como *E. scabriglumis* serían especies naturalizadas de buen potencial forrajero dentro de los recursos de la Depresión del Salado. En contraste, las grandes células de ordenamiento poco compacto, con amplios espacios intercelulares del clorénquima de las especies invernales (Ferrés Terra, 1982; Buxton y Redfearn, 1997) como las incluidas en este trabajo, parecen facilitar el contacto de los microorganismos con una mayor área celular al mismo tiempo (Wilson & Mertens, 1995). La rotura del forraje en fragmentos como consecuencia de la masticación, resulta más fácil y rápida. De allí que en el patrón secuencial de digestión, el clorénquima sea uno de los tejidos que primero se digiere (Hanna *et al.* 1973). En las dos especies de *Elytrigia* el clorénquima ocupó en general más del 50% del área del corte, lo que concuerda con las características de forrajeras invernales estudiadas por Akin & Burdick (1973), que superan a las estivales en los porcentajes de este tejido. El contenido del clorénquima en estado vegetativo fue superior en las láminas, mientras que fue superior en las vainas en estado reproductivo. Los porcentajes de clorénquima variaron entre 15,7 y 48,3 % del área total del corte en vainas, y en las láminas entre 45,8 y 54,0%. Esta diferencia en porcentajes podría estar relacionada con la deposición diferencial de inhibidores de la

digestión microbiana en las paredes celulares del clorénquima y tejidos cercanos, y afectar la degradación diferencial observada (Nuciari, M.C. inédito). Entre otros caracteres cuantitativos estimados en este estudio, el tamaño y el número de haces vasculares difirieron entre especies, y ambos caracteres se vieron influenciados por la fracción de la hoja y el estado de desarrollo. Diferencias entre genotipos de una misma especie en la digestión de las vainas tienden a estar asociadas a diferencias en el número de haces vasculares o a la lignificación del parénquima que los rodea (Schank *et al.* 1973). En especies de Poáceas forrajeras naturalizadas en la provincia de Corrientes, Tivano & Heinzen (1996) encontraron diferencias entre cultivares de calidad conocida, en la disposición y número de sus haces y del tejido parenquimático adyacente. Las características antes mencionadas, la disposición de fibras de esclerénquima, y el tamaño y número de haces vasculares, repercute en los valores cuantitativos de porcentajes de tejidos foliares adyacentes a los haces vasculares (Wilson *et al.*, 1989). Según Wilson & Kennedy (1996) después de tres semanas de digestión, el 70% del ancho de partículas de tallos presentes en rumen corresponde al tejido vascular. Para especies de *Cenchrus* este carácter es utilizado como criterio de selección, por la correlación encontrada entre el número de haces vasculares, la proporción de tejidos lignificados y la digestibilidad de la materia seca en tallos (Wilson *et al.* 1989). En las especies analizadas en este trabajo, el número y tamaño de haces vasculares secundarios fue más alto en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, en la fracción vaina y en el estado reproductivo. Esto concuerda con los valores de calidad nutritiva obtenidos en las especies de este estudio (Nuciari *et al.*, 2000). En su trabajo con plantas seleccionadas de *Festuca arundinacea*, Pavetti (1992) encontró diferencias anatómicas entre clones seleccionados, tales como los porcentajes de tejidos de digestión rápida, lenta o nula, (Hanna *et al.*, 1973), aunque concluyó que las diferencias en los porcentajes de tejidos no explican, por sí solos, para las especies de su estudio, la diferencia en calidad nutritiva. La mayor parte de los tejidos considerados lentamente degradables e indegradables se encuentra en mayores porcentajes en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, tanto en láminas como en vainas y en los dos estados de desarrollo, lo que sugiere una menor calidad nutritiva en dicha especie. Efectivamente, las digestibilidades estimadas en *E. scabriglumis* fueron 11,7 y 17,4 % superiores a las de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, para láminas y vainas respectivamente, y las diferencias en el contenido de proteína bruta fueron de 4,8 y 2,8 % mayores para las mismas fracciones (Nuciari *et al.*, 2000). Los resultados de Fernández (2000) respecto de los

porcentajes de tejidos en tallos y hojas de colecciones de agropiro alargado (*Thinopyron ponticum*), forrajera adaptada a suelos bajos de nuestra zona, coinciden en promedio con los presentados en este trabajo. Porcentajes mayores de 20% de tejidos indigestibles corresponden a especies mencionadas como “pastos duros” por Ferrés Terra (1982). Estos porcentajes se observaron en las láminas de *E. breviaristatus subps. scabrifolius*, y serían, probablemente, responsables de la rigidez característica de sus hojas. En el presente estudio, cuando se consideraron las fracciones de la hoja, las vainas resultaron siempre con mayores porcentajes de esclerénquima, parénquima y vainas de los haces, y con menores porcentajes de clorénquima. Según Wilson (1993), la presencia de lignina en las paredes celulares del esclerénquima y del tejido vascular de Poáceas es mayor en las vainas y tallos que en las láminas, lo cual restringiría el ataque de los microorganismos en el rumen y en consecuencia su degradación. Este autor (Wilson, 1976), comparando características anatómicas de hojas de *Panicum maximum var. maximum* encontró diferencias entre hojas de la misma planta en el grado de lignificación del esclerénquima y el grosor de paredes de las células de las vainas. Fernández (2000) mencionó un aumento de 43,3% en TLDI en estado reproductivo en agropiro alargado. En el presente trabajo, los porcentajes de TLDI aumentaron en el período reproductivo un 12%, sobre todo en *E. breviaristatus subps. scabrifolius* con lo cual su potencial valor nutritivo decae más marcadamente respecto de *E. scabriglumis*. En cambio, la relativa constancia en los valores de tejidos lentamente digeribles e indigeribles de *E. scabriglumis* en los períodos vegetativo y reproductivo hacen que esta especie mantenga su valor forrajero durante todo el año. El análisis de componentes principales realizado en este estudio permitió apreciar la relación entre los caracteres histofoliarios y, además, conocer el valor discriminatorio de los mismos con respecto a las fracciones de las hojas y los estados de desarrollo evaluados. La diferencia entre fracciones observada se debió a los porcentajes de vainas de los haces, el % TLDI, el número de paquetes de fibras y el porcentaje de esclerénquima. Además, la diferenciación entre estados de desarrollo, estaría afectada por el aumento de los porcentajes de parénquima, número de paquetes de fibras esclerenquimáticas, y área de los haces vasculares.

## CONCLUSIÓN

La rapidez y bajo costo de la evaluación preliminar basada en características histológicas permiten considerarla un parámetro predictor de la calidad nutritiva de especies

forrajeras. *Elymus scabriglumis*, de ciclo invierno-primaveral, por su bajo contenido en tejidos de digestión lenta o nula podría considerarse una especie de potencial valor forrajero en períodos de menor disponibilidad en la zona, correlacionado además, con su calidad nutritiva. Los resultados de este trabajo pueden sentar la base para posteriores estudios a nivel histológico que permitan clarificar la degradación preferencial de los tejidos, su relación con calidad nutritiva y su comparación con otras especies de uso potencial en los sistemas de producción ganadera.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subsidiado en parte por la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata). Mi agradecimiento a la Dra. Rosana Guma por la lectura crítica del manuscrito y a la Prof. Lydia Ciner por la revisión del texto en inglés.

## BIBLIOGRAFÍA

- AKIN, D.E. 1979. Microscopic evaluation of forage digestion by rumen microorganisms: a review. *J. Anim. Sci.* 48: 701-710.
- AKIN, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agron. J.* 81: 17-25.
- AKIN, D.E. & BURDICK, D. 1973. Microanatomical differences of warm-season grasses revealed by light and electron microscopy. *Agon. J.* 65: 533-537.
- AKIN, D.E. & BURDICK, D. 1975. Percentage of tissue types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissue by rumen microorganisms. *Crop. Sci.* 15: 661-668.
- BARNES, R.F. 1973. Laboratory methods of evaluating feeding value of herbage. En: Butler, G. W and R. W. Bailey (eds.). *Chemistry and Biochemistry of Herbage*. Vol 3. pp. 179-214. Academic Press, London & New York.
- BUXTON, D.R. & CASLER, M.D. 1993. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. En: H.G. Jung; D.R. Buxton; R.D. Hatfield y J. Ralph (eds.). *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp. 685-714. ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA.
- BUXTON, D.R. , MERTENS, D.R. & FISHER, D.S. 1996. Forage quality and ruminant utilization. En: L. E. Moser, D. R. Mertens y D. S. Fisher (eds.). *Cool-Season Forage Grasses* 471-502. Amer. Soc. Agron. , Inc. Crop. Sci. Soc. of America, Inc. Soil Sci. Soc. Amer. , Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- BUXTON, D.R. & REDFEARN, D.D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *Am. Soc. Nutrit. Sci.*: 814-818.

- CABRERA, A. 1970. Flora de la Provincia de Buenos Aires. Parte II: Gramíneas. Col. Cient. INTA, Buenos Aires, Argentina. Tomo IV; parte II. 621 pp.
- CASLER, M.D. & CARPENTER, J.A. 1989. Morphological and chemical responses to selection for *in vitro* dry matter digestibility in smooth Bromegrass. *Crop. Sci.* 29: 924-927.
- CLAUSEN, A.; ALONSO, S.; NUCIARI, M.C.; ECHARTE, M. & POLLIO, M. 1989. Collecting indigenous and naturalized grasses in the Flooding Pampa of the Buenos Aires province. *Plant. Genet. Res. Newsletter* 78/79: 31-32.
- COVAS, G. 1968. Valor forrajero del agropiro criollo. Hoja informática N° 43. EEA Anguil. INTA.
- DEREGIBUS, V.A. 1979. ¿Pastizales naturales o pasturas cultivadas? *Rev. CREA* 80: 54-60.
- EHLKE, N. & CASLER, M. 1985. Atomical characteristics of smooth Bromegrass clones selected for *in vitro* dry matter digestibility. *Crop Sci.* 25: 513-517.
- ESAU, K. 1987. Anatomía de las Plantas con Semillas. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. Argentina. 779 pp.
- FERNANDEZ, J.A. 2000. Relación entre la calidad del forraje y las características fenológicas, morfológicas y anatómicas en materiales genéticos de agropiro alargado. Tesis Magister of Science., Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias. Agrarias, 91 pp.
- FERRES TERRA, P. 1982. Evaluación primaria de gramíneas forrajeras por el método de la transección foliar. *Rev. Tec. Fac. Agr. Univ. de la República. Montevideo, Uruguay* 52: 77-100.
- FISHER, D.S.; BURNS, J.C. & POND, K.R. 1989. Kinetics of *in vitro* cell-wall disappearance and *in vitro* digestion. *Agron. J.* 81: 25-33.
- FRECENTESE, M. & STRITZLER, N.P. 1985. Ataque diferencial de la flora ruminal bovina sobre los tejidos foliares de gramíneas estivales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5: 531-540.
- GARGANO, A.; LABORDE, H. & ADURIZ, M. 1988. Evaluación de 4 gramíneas templadas perennes. I. Rendimiento de materia seca. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8: 377-384.
- GUMA, R. & ALONSO, S. 1997. Germination and seedling growth in *Elytrigia scabrifolia* and *E. scabriglumis*. *Seed Sci. Technol.* 25:343-350.
- HACKER, J.B. & MINSON, D.J. 1981. The digestibility of plant parts. *Herb. Abstracts* 51: 459-482.
- HANNA, W.; MONSON, W. & BURTON, G. 1973. Histological examination of fresh forage leaves after *in vitro* digestion. *Crop Sci.* 13: 98-102.
- HASTERT, A. A.; OWENSBY, C.E. & HARBERS, L.H. 1983. Rumen microbial degradation of indian-grass and big bluestem leaf blades. *J. Anim. Sci.* 57: 1626-1636.
- HIDALGO, L.G.; CAHUEPE, M.A & ERNI, A.N. 1998. Digestibilidad de materia seca y contenido de proteína bruta en especies de pastizales de la pampa deprimida, Argentina. *Investigación agraria: Producción y sanidad animales* 13: 165-177.
- JOBSON, J.D. 1992. Principal components, factors and correspondence analysis. En: J. D. Jobson (ed.). *Springer texts in Statistics. Applied Multivariate Data Analysis. Vol II. Categorical and multivariate methods. Chapter 9.* Pp. 345-482. New York, USA.
- JOHANSEN, D. 1940. *Plant microtechniques.* 1st. Ed. Mc Graw-Hill. Co. New York, USA. 523 pp.
- KLEIMBAUM, D.G. & KUPPER, L.L. 1978. *Applied Regression Analysis and other Multivariable Methods.* Duxbury Press. North Scituate, Massachusetts. 556 pp.
- MERTENS, D.R. & ELY, L.O. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. *J. Anim. Sci* 54: 895-905.
- NUCIARI, M.C.; CID, M.S.; FAY, P. & STRITZLER, N.P. 1997. Porcentajes de tejidos lentamente digestibles e indigestibles en *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabriglumis*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim* 5:118-121.
- NUCIARI, M.; CID, M.; FAY, P. & STRITZLER, N. P. 2000. Producción y parámetros de calidad del rebrote invernal y primaveral de matas de *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabriglumis* (*Gramineae*). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20: 1-15.
- PAVETTI, D.R. 1992. Genetic variation of quality traits in herbage and seed and the associations between whole plant morphology, leaf anatomy and leaf quality in tall fescue. Faculty of the Graduate School. University of Missouri-Columbia. Thesis Doctor of Philosophy. 222 pp
- ROHLF, J.; KISHPAUGH, J. & KIRK, D. 1971. NT-SYS. Numerical taxonomy system of multivariate statistical programs. Tech. Rep. State Univ. N.Y.
- ROSENGURTT, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo. Departamento de Publicaciones y ediciones de la Universidad de la República. 86 pp.
- ROSSO, B. & BERTIN, O. 1990. Distribución estacional del rendimiento de forraje de 2 materiales genéticos de *Elytrigia scabrifolia* (Parodi). *Covas. Rev. Arg. Prod. Anim.* 10: 273-279.
- SANSON, J. & JUAN, N. 1982. Gramíneas perennes de la estación fresca. *Rev. CREA* 93: 41-43.
- SASS, J. 1958. *Botanical microtechnique.* 3ra ed. Iowa State Univ. Press. Ames. Iowa. 228 pp.

- SCHANK, S.C.; KLOCK, M.A. & MOORE, J.E. 1973. Laboratory evaluation of quality in subtropical grasses. II: Genetic variation among *Hemarthrias* in *in vitro* digestion and stem morphology. *Agron. J.* 65: 256-258.
- TIVANO, J. & HEINZEN, F.A. 1996. Anatomía cuantitativa en 3 cultivares de *Dichanthium aristatum* (Poir.) C. E. Hubbard (Poáceas) para inferir su valor forrajero. *Rev. Fac. Agr. (La Plata)* 101: 15-23.
- VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd. ed. Cornell Univ. Press, Ithaca and London, UK. 476 pp.
- VARGAS LOPEZ, J. 1982. El agropyro criollo en la Región semiárida pampeana. *Inf. Téc. Agropyro p/reg. sem. pampeana*. EEA Anguil, INTA, La Pampa, Argentina. 78 : 1-3.
- WILKINS, P.J. 1972. The potential digestibility of cellulose in grasses and its relationship with chemical and anatomical parameters. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 78: 457-464.
- WILMAN, D. & REZVANI MOGHADDAM, P. 1998. Volume, surface area and cellular composition of chewed particles of plant parts of eight forage species estimated degradation of cell wall. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 131 :69-77.
- WILSON, J.R. 1976. Variation of leaf characteristic with level of insertion on a grass tiller. I. Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. *Aust. J. Agr. Res.* 27:343-354.
- WILSON, J.R. 1993. Organization of forage plant tissues. En: H. G. Jung; D. R. Buxton; R. D. Hatfield y J. Ralph (eds.). *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp.1-31. ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA.
- WILSON, J.R. & KENNEDY, P.M. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Austr. J. Agric. Res.* 47: 199-225.
- WILSON, J.R.; AKIN, D.E.; Mc LEOD, M.N. & MINSON, D.J. 1989. Particle size reduction of leaves of tropical and temperate grasses by cattle. 1. Relation of anatomical structure to the process of leaf breakdown through chewing and digestion. *Grass Forage Sci.* 44: 65-78.
- ZULOAGA, F.; NICORA, E.; RÚGOLO DE AGRÁSAR, Z. E.; MORRONE, O.; PENSIERO, J. & CIANLDELLA, A. M. 1994. Catálogo de la Familia Poaceae de la República Argentina. *Monographs in Systematic Botany from Missouri Bot. Garden*, vol. 47:1-178.