

Degradación de tejidos foliares en *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* y *E. scabriglumis* (Gramineae)

Nuciari, M.C.¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Mar del Plata-Cátedra de Botánica agrícola. Cc 276-CP 7620- Balcarce- Argentina. Correo electrónico: mnuciari@balcarce.inta.gov.ar

Recibido: 26/5/08 Aceptado: 29/12/08

Resumen

Se caracterizó la degradación de tejidos foliares de *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* y *Elymus scabriglumis* en estado vegetativo y reproductivo, durante 24, 48 y 72 h de digestión *in situ* y se estimó la tasa de degradación en cada caso. El patrón de degradación de tejidos foliares en las especies estudiadas coincidió en general con lo reportado para especies templadas C₃. Se estimaron porcentajes promedio de digestión de los tejidos mayoritarios parénquima y clorénquima en *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius* de 80,2 y 29 %, a las 72 h, mientras que los valores en *E. scabriglumis* fueron 86,5 y 29,5 %. Las tasas de degradación del clorénquima y xilema variaron entre especies según la fracción de la hoja. La tasa de degradación del xilema fue similar en láminas de ambas especies, mientras que en vainas fue superior en *E. scabriglumis*. Las tasas de degradación del clorénquima y floema difirieron según la fracción foliar y el estado de desarrollo. La diferente biodegradabilidad se explicaría por las características cualitativas y cuantitativas de cada tejido. Los resultados sugieren que *E. scabriglumis* sería un valioso recurso para la Depresión del Salado en períodos de escasez de forraje.

Palabras clave: digestión ruminal, *Elymus* spp., gramíneas templadas, especies naturalizadas

Summary

Foliar tissue degradation in *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* and *E. scabriglumis* (Gramineae)

Foliar tissue degradation in *Elymus breviaristatus* subsp. *scabrifolius* and *Elymus scabriglumis* was characterized at vegetative and reproductive stages during 24, 48 and 72 h of *in situ* digestion and degradation rate was estimated. Tissue degradation pattern in studied species presented similar information reported for temperate C₃ plants. Parenchyma and chlorenchyma means were 80.2 and 29 % for both main tissues when estimated in *E. breviaristatus* subsp. *scabrifolius*, at 72 h of digestion time, and 86.5 and 29.5 % in *E. scabriglumis*, respectively. Degradation rates of chlorenchyma and xylem were different according to leaf part. Xylem degradation rate was similar between blades of both species. Also chlorenchyma and phloem degradation rates were different according to leaf parts and developmental stages. Differences in biodegradability found should be explained by quality and quantitative tissue characteristics. Results suggest that *E. scabriglumis* should be a valuable resource in The Flooding Pampa Area at periods of limited supply forage.

Key words: ruminal digestion, *Elymus* spp., cool season grasses, naturalized species.

Introducción

La calidad nutritiva de un forraje se evalúa desde el punto de vista de su composición química y del aprovechamiento por el animal que lo consume (Pujol Palol, 1998). La energía obtenida del forraje para la producción animal depende de la fermentación de la pared celular de los tejidos por los microorganismos del rumen. Esta acción es influenciada por varios factores, algunos de ellos relacionados con la planta, con el animal y con los microorganismos y su capacidad enzimática (Van Soest, 1994; Dehority, 1993). A nivel estructural, los distintos órganos, como hojas y tallos pueden limitar el ataque microbiano y su digestibilidad de acuerdo al grado de degradación de los distintos tejidos presentes (Buxton *et al.*, 1996). Las características de los distintos tejidos foliares influyen en su resistencia a la degradación por la microbiota ruminal bovina y la estimación de la tasa y el grado de degradación tisular han permitido diferenciar especies y cultivares (Queiroz *et al.*, 1997).

A partir de la década del 60 comienzan a realizarse estudios que evalúan la calidad de las especies forrajeras en base al porcentaje de los distintos tejidos foliares y a la resistencia de los mismos a la degradación por acción de la microbiota ruminal. Esto ha hecho posible la clasificación de los tejidos vegetales en base a su respuesta a la digestión microbiana en rápidamente degradables, lentamente degradables e indegradables (Tivano y Heinzen, 1996). Akin y Burdick (1975) clasifican los distintos tejidos foliares según su degradación. Así, los que superan el 60 % son *degradados*. Los que se degradan entre 10 y 60 % son *parcialmente degradados*, mientras que aquellos que no alcanzan el 10 % son *indegradados*. En estudios con Poáceas, se ha establecido un patrón general de degradación de los distintos tejidos para varias especies del grupo Festucoideas durante 96 h de digestión *in vitro* (Wilson y Kennedy, 1996). Sin embargo, la degradación varía entre especies, cultivares y/o entre las fracciones hoja y tallo, y aún dentro de una misma fracción, según demostraron en varias especies C_3 y C_4 (Silva Lima *et al.*, 2001; Gasser *et al.*, 2005). Estas diferencias se deben, en parte, a características anatómicas, tal como el área ocupada por cada tejido en órganos de la planta (Wilson y Hatfield, 1997; Fernández, 2000; Tivano *et al.*, 2007). También influyen en la proporción de los diferentes tejidos las características morfológicas del forraje, como la proporción tallo: hoja a través del período de crecimiento (Stritzler *et al.*, 1996). A nivel molecular, cambios en la composición y arquitectura de las paredes de

los distintos tipos celulares limitan la biodegradación (Himmelsbach, 1993; Buxton *et al.*, 1996), afectan la dinámica de la digestión ruminal (Jung y Allen, 1995; Noguera y Posada Ochoa, 2007) y los parámetros de calidad nutritiva (Queiroz *et al.*, 1997; Wilman y Ahmad, 1999). La cuantificación de los tejidos y su degradación permitirá relacionar esta información con posteriores análisis de calidad en laboratorio de las especies en estudio.

Elymus breviaristatus (Hitche.) Á. Löve *subsp. scabrifolius* «agropiro criollo» y *Elymus scabriglumis* (Hack.) Á. Löve son especies perennes, invierno-primaverales, naturalizadas en los pastizales naturales del sudeste bonaerense. Poseen características que sugieren que serían potenciales forrajeras en la zona (Nuciari *et al.*, 2000). Estas especies poseen porcentajes más altos de tejidos lentamente degradables y no degradables (Nuciari *et al.*, 1997) con el avance del estado de madurez, y en la fracción vaina. Particularmente el tejido esclerenquimático presenta incluso diferencias entre ambas especies (Nuciari, 2006). Sin embargo, analizando parámetros químicos de calidad (Nuciari *et al.*, 2000) mostraron una relación diferente según la especie, estado de desarrollo y la fracción foliar. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la degradación de tejidos foliares de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis*, en estado vegetativo y reproductivo, durante 24, 48 y 72 h de digestión ruminal *in situ*, y estimar la tasa de degradación en cada caso.

Materiales y métodos

Se trabajó con plantas obtenidas a partir de semillas del banco de germoplasma de la Unidad Integrada (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata—Estación experimental agropecuaria Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) provenientes de dos localidades de la provincia de Buenos Aires: *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius*, (Sigla del Herbario de la Unidad Integrada y número de Introducción: BAL 890082) y *E. scabriglumis*, (BAL 890069). Las semillas de cada especie germinaron bajo condiciones óptimas de temperatura (16 h a 15° C y 8 h a 20° C para *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, y 16 h a 20° C y 8 h a 30° C en *E. scabriglumis* y fotoperíodo (luz:oscuridad) de 8:16 h (Guma y Alonso, 1997). Las plántulas se mantuvieron en invernáculo 60 días. Luego se implantaron en parcelas de 2 x 2 m con un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. En cada parcela se implantaron nueve plantas equidistantes a 0,5 m entre sí. Se realiza-

ron cortes para estimular el macollaje en mayo y septiembre, a una altura de 10 y 20 cm sobre el nivel del suelo en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis*, respectivamente, a nivel de la última hoja extendida (Nuciari *et al.*, 2000). Los muestreos se realizaron en agosto (estado vegetativo, EV) y en diciembre (estado reproductivo, ER). Se recolectaron todas las hojas verdes de cada parcela, las que se separaron en láminas y vainas en el período vegetativo, y láminas y vainas más tallos en el período reproductivo. En cada fecha de muestreo, se tomaron alícuotas de fragmentos de material fresco de cada especie, que fue secado 48 h a 60° C y colocado en bolsitas de nylon (10 x 5 cm) de poro aproximado de 36 µm. Las bolsas se suspendieron durante 24, 48 y 72h en el rumen de 3 vaquillonas fistuladas de raza Holando Argentina y de un peso vivo promedio de 400 kg. En el rumen de cada una de ellas se colocaron 18 bolsas por especie (dos fracciones foliares, tres tiempos de digestión y tres repeticiones). De acuerdo a la relación peso forraje/superficie de bolsa recomendada en la bibliografía (0,015 g/cm²) (Huntington y Givens, 1995), en cada bolsa se colocaron 1,5 g de fragmentos de láminas y vainas (o láminas y vainas más tallo en período reproductivo) por separado. Los animales estaban sometidos a una dieta de heno de *Medicago sativa* L. «alfalfa» de buena calidad. El material fue extraído del rumen a las 24, 48 y 72 h de digestión. Los residuos de la digestión se lavaron, secaron y fijaron en solución de alcohol etílico, agua destilada, formol y ácido acético, y se procesaron según técnica de inclusión en parafina para cortes con micrótopo manual (Sass, 1958) y coloración doble safranina-verde rápido (Johansen, 1940). Se analizaron tres transcortes por especie, estado, parte de la planta, animal y tiempo de digestión, abarcando cada uno de ellos de 2 a 5 haces vasculares. Los dibujos de cada transcorte se realizaron con tubo de dibujo a 100 x (Microscopio Wild M20, Heerbrugg, Suiza). Se digitalizaron las áreas con el programa de diseño gráfico Auto CAD R14, utilizando una tableta digitalizadora Genius 1812 cuya exactitud es de 0,2 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 mm²) de cada uno. Los resultados de la degradación se expresaron como porcentajes del área total que hubiera ocupado cada tejido (presencia = 100 %) en el corte analizado, en ausencia de incubación ruminal.

La tasa de desaparición de tejido en función del tiempo se estimó a partir de la siguiente ecuación:

$$Dt_{(Y)} = 100 - Pt_{(Y)}$$

Donde:

$Dt_{(Y)}$ = desaparición porcentual de superficie del tejido y en el tiempo de incubación t y

$Pt_{(Y)}$ = superficie porcentual del tejido y presente en el tiempo de incubación t.

La información obtenida se procesó por un modelo que cuantifica la tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable a través de una ecuación de primer orden, que relaciona el logaritmo natural del residuo y el tiempo de incubación. Así, el grado de degradación es una regresión del porcentaje potencialmente digestible que permanece en digestión (Stritzler *et al.*, 1997). La fórmula es:

$$R = -K t + R_0$$

Donde:

R = logaritmo natural (ln) del tejido presente (%), para t > 0;

K = tasa de degradación (pendiente);

t = tiempo (horas) y

R_0 = Presencia total del tejido (100 %) para t = 0 (intercepto).

Los resultados se analizaron por ANVA, con paquete estadístico SAS (1999) con un diseño de bloques completos aleatorizados con especie, estado y fracción como fuentes de variación.

Las diferencias entre medias se consideran significativas a nivel de p<0,05, a menos que se especifique otra cosa.

Resultados y discusión

En el presente estudio se caracterizó la degradación tisular, basándose en la categorización de Akin Burdick (1975) según el porcentaje degradado. El parénquima fue degradado a las 24 h en *E. scabriglumis*, tanto en láminas como en vainas y en los dos estados de desarrollo considerados (Figura 1 A).

El mínimo porcentaje degradado en las primeras 24 h del ensayo fue 64,2 % en vainas de *E. scabriglumis* en estado reproductivo. A las 72 h de incubación en rumen se observó 100 % degradación en ambas fracciones de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en estado vegetativo (Figura 2 A); en vainas de *E. scabriglumis* en estado vegetativo, y en láminas de *E. scabriglumis* en estado reproductivo (Figura 1). Sólo fue parcialmente

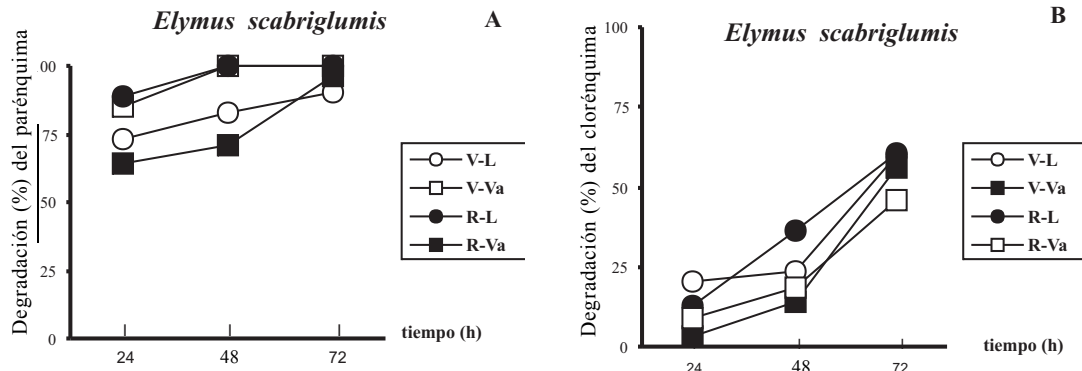


Figura 1. Porcentaje de degradación del parénquima (A) y del clorénquima (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus scabriglumis* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.

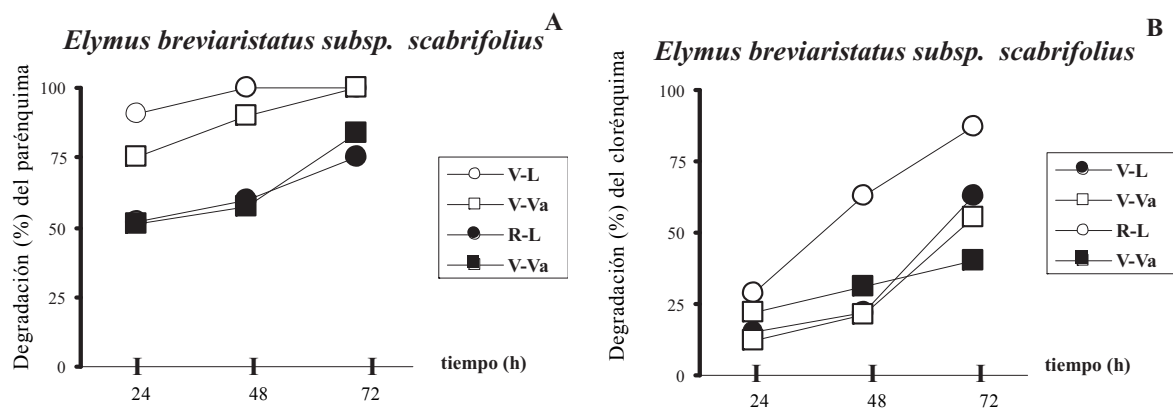


Figura 2. Porcentaje de degradación del parénquima (A) y del clorénquima (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.

degradado en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en el estado reproductivo, en ambas fracciones a las 24 h y en vainas a las 48 h (Figura 2 A). El clorénquima fue en todos los casos parcialmente degradado hasta las 48 h (Figura 1 B) aunque mayormente degradado en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* al final de las 72 h (3,97 puntos porcentuales) (Figura 2B). Las características histológicas del clorénquima y su arreglo estructural permiten su rápida degradación (Buxton y Redfearn, 1997). De allí que en el patrón secuencial de digestión sea uno de los tejidos que primero se digiere, habiéndose observado su degradación casi completa luego de 8 h de digestión en el rumen, 12 ó 24 h (Wilson, 1993) en varias Festucoideas. En *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* sólo el 50 % de degradación se alcanzó luego de 48 h de digestión en

láminas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en estado reproductivo, y en el resto, después de 72 h. En las estimaciones realizadas en el presente estudio, el mínimo porcentaje de clorénquima degradado (promedio entre especies, fracciones foliares y estados de desarrollo) se midió a las 24 h, alcanzando casi en todos los casos un 100 % de degradación al término del ensayo. El xilema no fue degradado en *E. scabriglumis* hasta las 48 h (7,2 %), permaneciendo parcialmente degradado al final de las 72 h (17,5 % en vainas y 19,8 % en láminas; (Figura 3A). La degradación del xilema fue de 4,6 % promedio entre especies, estados y fracciones de la hoja, excepto en ambas fracciones de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en el estado vegetativo (6,8 %), degradándose más extensamente

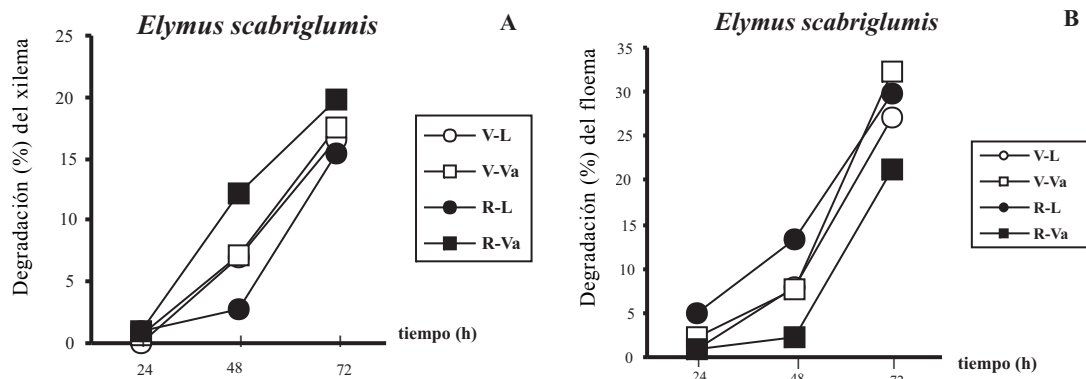


Figura 3. Porcentaje de degradación del xilema (A) y del floema (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus scabriglumis* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.

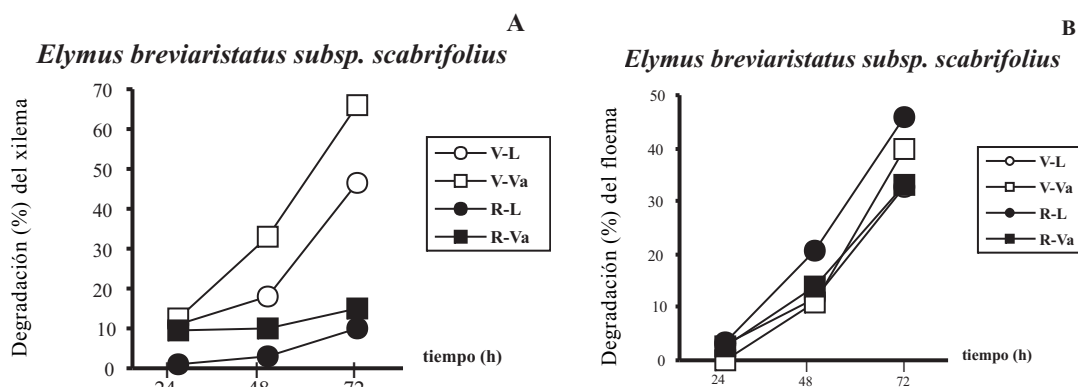


Figura 4. Porcentaje de degradación del xilema (A) y del floema (B) en láminas (L) y vainas (Va) de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* en estados vegetativo (V) y reproductivo (R) durante 24, 48 y 72 h de incubación en rumen.

sólo en las vainas a las 72 h en ese mismo período (Figura 4A).

En cuanto al floema, fue totalmente indegradado a las 24 h en todos los casos, aunque a las 48 h fue en general más degradado que el xilema y hasta el final de las 72 h permaneció degradado en forma parcial (Figuras 3 y 4). El mínimo porcentaje de degradación del floema fue 21,3 % en las vainas de *E. scabriglumis* en el mismo estado (Figura 3 B), y el máximo 46 % a las 72 h en láminas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* en estado reproductivo (Figura 4 B). Por último, ambas epidermis, el esclerénquima y las vainas de los haces se observaron indegradados aún después de 72 h de incubación en rumen.

Las tasas de degradación del clorénquima y del xilema variaron entre *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* según la fracción de la hoja (interacción especie x fracción $p < 0,05$; Cuadro 1). En láminas de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* el clorénquima se degradó más rápido que en las vainas (0,046 vs. 0,017 % h^{-1} ; Figura 5 A), mientras que en ambas fracciones el xilema fue igualmente degradado en dicha especie (Figura 5 B). En cambio, en *E. scabriglumis* los dos tejidos fueron degradados más rápidamente en las vainas (Figura 5). Además, la tasa de degradación del clorénquima y del floema fue diferente si se considera el estado de desarrollo y la fracción foliar (interacción estado x fracción, $p < 0,05$; Figura 6). El clorénquima se

Cuadro 1. Cuadrados medios y nivel de significación en el ANVA de las tasas de degradación del clorénquima, parénquima, xilema y floema en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo.

Fuentes de variación	Tasas de degradación (% h ⁻¹)							
	Clorénquima		Parénquima		Xilema		Floema	
Especie	2 x 10 ⁻⁴	NS	4 x 10 ⁻⁷	NS	2 x 10 ⁻³	*	2 x 10 ⁻³	**
Estado	4 x 10 ⁻⁶	NS	6 x 10 ⁻⁵	NS	1 x 10 ⁻⁴	NS	2 x 10 ⁻⁷	NS
Fracción	4 x 10 ⁻⁴	NS	1 x 10 ⁻²	NS	7 x 10 ⁻³	NS	1 x 10 ⁻³	NS
Animal	4 x 10 ⁻⁴	NS	6 x 10 ⁻⁵	NS	4 x 10 ⁻⁴	NS	1 x 10 ⁻⁴	NS
Especie x Fracción	2 x 10 ⁻²	*	1 x 10 ⁻⁵	NS	2 x 10 ⁻³	*	3 x 10 ⁻⁴	NS
Estado x Fracción	2 x 10 ⁻²	*	2 x 10 ⁻⁵	NS	6 x 10 ⁻⁶	NS	2 x 10 ⁻³	*

Ref: * p < 0,05 ** p < 0,01 NS = no significativo.

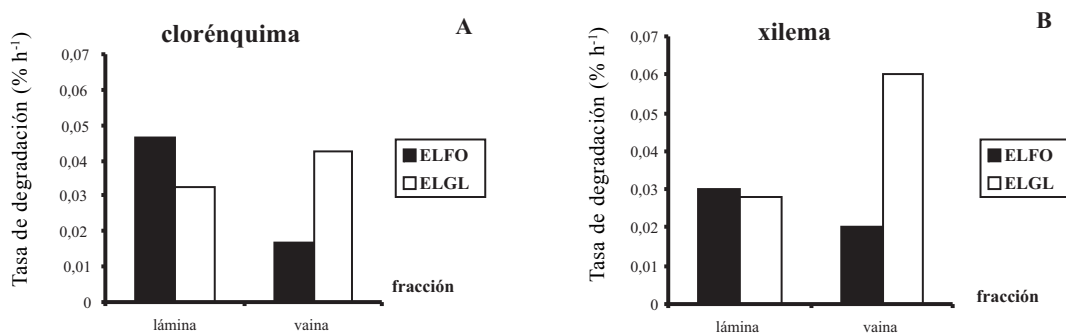


Figura 5. Tasa de degradación del clorénquima (A) y xilema (B) en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* (ELFO) y *E. scabriglumis* (ELGL) en estados vegetativo y reproductivo. Desviación estándar = 0

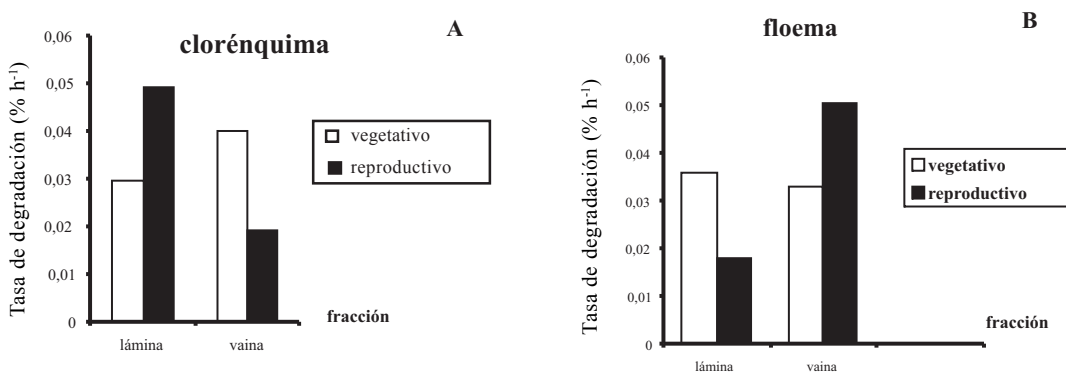


Figura 6. Tasa de degradación del clorénquima (A) y floema (B) en láminas y vainas de *Elymus breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en estados vegetativo y reproductivo. Desviación estándar = 0

degradó más rápidamente en las vainas que en las láminas en estado vegetativo (0,040 vs. 0,029 % h⁻¹), mientras que en estado reproductivo su degradación fue más rápida en láminas (Figura 6 A). En el floema la tasa de degradación fue similar en ambas fracciones de la hoja en el estado vegetativo, mientras que en estado reproductivo fue superior en vainas (Figura 6 B). La tasa de degradación del clorénquima en las dos especies de *Elymus* en este estudio varió desde valores similares a los observados en *Lolium* (0,004 % h⁻¹; Wilson y Mertens, 1995) hasta valores muy superiores (Figuras 5 y 6), dependiendo de la especie, fracción de la hoja y estado fenológico. La diferencia en la tasa de degradación del clorénquima en las distintas fracciones y estados (mayor degradación en las vainas en estado vegetativo, y en las láminas en estado reproductivo) podría estar relacionada con la deposición diferencial de inhibidores de la digestión microbiana en las paredes de células cercanas, como la lignina. Las diferencias en el contenido relativo de tejido esclerenquimático, de difícil digestión, y probablemente lignificado en este período, adyacente con el clorénquima, pueden ser parcialmente responsables de los resultados obtenidos en la degradación de este último tejido. Las características propias de las células esclerenquimáticas explican su resistencia física a la digestión (Buxton y Redfearn, 1997) como lo observado en las especies de este estudio. *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* poseen bajo porcentaje de este tejido (Nuciari *et al.*, 1997), fundamental en la evaluación de la calidad de especies nativas como recursos potenciales en la depresión del Salado, en base a caracteres histológicos. Wilson y Mertens (1995) estudiaron las limitaciones estructurales de los distintos tejidos a la acción de la microbiota ruminal. Los autores analizan la relación entre la superficie de la pared celular de cada tejido y el volumen celular, la tasa de digestión bacteriana y la accesibilidad de éstas a la pared celular. En el caso del parénquima y esclerenquima, la organización en bloques de fibras requiere mayor tiempo de difusión microbiana a través del tejido y el tiempo de degradación es mayor que en otros tejidos (Wilson y Mertens, 1995; Wilson y Kennedy, 1996; Buxton y Redfearn, 1997). Por lo tanto, es razonable encontrar una degradación más lenta del parénquima y esclerenquima que del clorénquima, tal como la mencionada en los resultados de este estudio. Sin embargo, en orden secuencial, el parénquima es de los primeros tejidos en ser degradados (Silva Lima *et al.*, 2001). El parénquima en *E. scabriglumis* fue degradado para ambas fracciones y estados a las 24 h, mientras que en *E.*

breviaristatus subsp. scabrifolius esto fue válido sólo para el estado vegetativo. El tamaño de las células y su densidad son importantes en la evaluación de tejidos de lenta degradación (Wilman y Rezvani Moghaddam, 1998). Un análisis particular en este sentido podría explicar la diferencia encontrada a nivel de las fracciones de la hoja y entre estados fenológicos. Las dos especies en estudio difirieron en las tasas de degradación del xilema ($p < 0,05$), la que fue más alta en *E. scabriglumis*, ya que el xilema de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* permaneció indegradado en el período de madurez. La rusticidad propia de las matas de esta especie podría deberse en parte a la lignificación de las paredes a nivel de este tejido. Esta rusticidad es característica de especies C₄, con altos porcentajes de tejidos indegradables (Gasser *et al.*, 2005), intactos aún después de 64 h de digestión en rumen. El mayor porcentaje degradado del xilema en *E. scabriglumis*, tejido considerado indegradable, sugiere que ambas fracciones (vaina y lámina) de esta especie serían de mayor valor nutritivo que las de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, probablemente por la menor lignificación de las paredes celulares del xilema. 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, M. C. datos no publicados). Probablemente la concentración de lignina del xilema explique la diferencia de calidad de las dos especies. Por otra parte, con mayor tiempo de exposición en rumen que los empleados en este trabajo, la degradación diferencial podría ser más acentuada. En términos de porcentajes, Wilson y Mertens (1995) mencionan valores de 13 a 32 % de degradación de xilema en *Poáceas* tropicales luego de 48 h de digestión, datos que concuerdan en general con los presentados en este trabajo. El otro tejido vascular, el floema, fue en este estudio uno de los que menos se degradó, con porcentajes de degradación reducidos a las 24 h (entre 0 y 1 %) y parcialmente degradado a las 48 h (20,7 %) y a las 72 h (39,8 % máximo digerido). En este estudio, la tasa de degradación del floema difirió entre las dos fracciones de la hoja según el estado de desarrollo ($p < 0,05$). La diferente tasa de degradación del floema en las vainas podría ser debida a la presencia en mayores porcentajes de otros tejidos como el clorénquima, que es necesario degradar en el proceso de digestión microbiana, previamente al contacto con el tejido vascular. Esto fue así sólo en las vainas de *E. scabriglumis* en estado reproductivo. Además,

la epidermis, cuyas células pueden estar más cutinizadas en el estado reproductivo, en ambas especies constituye un alto porcentaje del área total de las hojas (Nuciari *et al.*, 1997), lo que también dificulta el acceso de microorganismos. Información obtenida previamente al inicio de este estudio indicó mayor grosor de paredes de células epidérmicas en vainas en estado reproductivo, pero similar en láminas de ambas especies. (Nuciari, M. C. datos no publicados). Es probable que la diferencia mencionada en la degradación del tejido vascular se deba también al porcentaje lignificado de las células epidérmicas o a la presencia de cutícula en ellas. Según Wilson (1993), ambas características serían más acentuadas en las vainas foliares, lo que concuerda con lo observado en este estudio. En las especies estudiadas, a las 48 h de exposición en rumen, el parénquima y parte del tejido vascular habían comenzado a ser degradados, pero la epidermis permanecía intacta en ambas fracciones foliares. En otras especies, tales como *Cynodon dactylon* (L.) Pers. «gramilla-gramón» y *Festuca arundinacea* Schreb. «festuca alta» la epidermis también permaneció sin degradar aún después de siete días de incubación (Akin y Rigsby, 1992) quizás debido a la presencia de compuestos fenólicos. Por el marcado engrosamiento observado en las paredes celulares de las especies de este estudio, dicha presencia fue probablemente la causa de su permanencia sin degradar en el material incubado en rumen.

Por la restricción que ejercen los tejidos a la digestión, la variación en el contenido y distribución de lignina puede ser complementaria (Wilson, 1993) para establecer relaciones entre dicho contenido y la degradación de los tejidos lignificados. En este estudio se evidencia que las diferencias más notables entre las especies de *Elymus* están relacionadas con la digestión de los tejidos cuantitativamente y cualitativamente más importantes: parénquima y clorénquima. Estas diferencias implican necesariamente una distinta dinámica de digestión ruminal. Suponiendo una tasa de pasaje ruminal constante para todos los tejidos (Van Soest, 1994) y teniendo en cuenta la uniformidad en las condiciones y en los animales del ensayo llevado a cabo en este trabajo, las degradabilidades de *E. breviaristatus subsp. scabrifolius* y *E. scabriglumis* en rumen podrían ser, por lo tanto, distintas. El grado de degradación del

parénquima fue, excepto en la lámina en estado vegetativo, siempre más alto para *E. scabriglumis* que para *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*. Por lo anterior, si bien el patrón de degradación tisular en las especies de este estudio concuerda con el reportado para varias especies C_3 , la dinámica de digestión ha sido diferente. La diferente biodegradabilidad se explicaría por las características cualitativas y cuantitativas de cada tejido. Un estudio más exhaustivo en cuanto a densidad, tamaño de células, y proporción de lignina en cada tejido, arrojaría más luz a la relación entre caracteres anatómicos y calidad nutritiva en estas especies, como así también la consideración de variables de la cinética de la digestión.

Conclusiones

Los patrones de degradación de tejidos foliares en ambas especies coinciden en general con los publicados para especies templadas de tipo fotosintético C_3 . El clorénquima y el parénquima fueron los tejidos más rápidamente degradados, con un máximo acumulado de 63 y 100 % respectivamente, a las 72 h de incubación ruminal. El floema tuvo muy bajo porcentaje de degradación en las primeras 24 h con un máximo degradado a las 72 h de 40 %. El xilema, ambas epidermis, y las vainas de los haces vasculares permanecieron indegradados. La dinámica de la digestión tisular fue diferente entre las especies consideradas. La más lenta degradación del tejido fundamental (clorénquima) y vascular (xilema) en *E. breviaristatus subsp. scabrifolius*, sobre todo con el avance del período de madurez, respondería a la rigidez observada en las hojas de esta especie. Sin embargo, los porcentajes de estos tejidos son similares entre especies, por lo que la diferente biodegradabilidad se explicaría por las características cualitativas y cuantitativas de los otros tejidos adyacentes. 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

Al Dr. Néstor Stritzler, a la Dra. María Silvia Cid, al Dr. Patricio Fay y a la Dra. Gabriela Cendoya por sus inestimables participaciones en el proyecto que dio origen a este trabajo.

Bibliografía

- Akin, D. E. and Burdick, D.** 1975. Percentage of tissue types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissue by rumen microorganisms. *Crop Science* 15 (5):661-668.
- Akin, D. E. and Rigsby, L. L.** 1992. Scanning electron microscopy and ultraviolet absorption microspectrophotometry of plant cell types of different biodegradabilities. *Food Structure* 11 (3):259-271.
- Auto CAD.** 1998. Release 14. LT. Architectural Desktop. Autodesk, Inc. USA.
- Buxton, D. R. and Casler, M. D.** 1993. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. En: *Forage cell wall structure and digestibility*. Jung; H. G., Buxton; D.R., Hatfield, R.D. y Ralph, J. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 685-714.
- Buxton, D. R.; Mertens, D. R. and Fisher, D. S.** 1996. Forage quality and utilization. En: *Cool- season forage grasses*. Moser, L. E.; Mertens, D. R. y Fisher, D. S. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 471-502.
- Buxton, D. R. and Redfearn, D. D.** 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. En: *Proceeding Annual ruminant nutrition Conference «New developments in forage science»*. American Society for Nutritional Science. pp. 814-818.
- Dehority, B. A.** 1993. Ecology of cell wall fermentation. En: *Forage cell wall structure and digestibility*. H.G. Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R.D. y Ralph, J. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 425-447.
- Fernández, J. A.** 2000. Relación entre la calidad del forraje y las características fenológicas, morfológicas y anatómicas en materiales genéticos de agropiro alargado. 91p. Tesis M. Sci. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina.
- Gasser, M.; Ramos, J.; Vegetti, A. y Tivano, J. C.** 2005. Digestión de láminas foliares de *Bromus auleticus* Trin. ex Nees sometidas a diferentes tiempos de incubación ruminal. *Agricultura Técnica* 65 (1): 48-54.
- Guma, R. and Alonso, S.** 1997. Germination and seedling growth in *Elytrigia scabrifolia* and *E. scabriglumis*. *Seed Science Technology* 25 (3):343-350.
- Himmelsbach D.S.** 1993. Structure of forage cell-wall-Session Synopsis. In: H.G.Jung; D.R. Buxton; R.D. Hatfield y J. Ralph (eds.). *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. Pp. 271-283. ASA, CSSA, SSA. Madison. Wisconsin. USA.
- Huntington, J. A. and Givens, D I.** 1995. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. *Nutrition Abstract Reviews* 65 (1):63-93.
- Johansen, D.** 1940. *Plant microtechniques*. 1st. ed. Mc Graw-Hill. Co. New York, USA. 523 pp.
- Jung, H. G. y Allen, M. S.** 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forage by ruminants. *Journal of Animal Science* 73 (9): 2774-2790.
- Minson, D. J. and Wilson, J. R.** 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. En: *Forage quality, evaluation and utilization*. Fahey Jr., G. C. Associate (eds.). ASA, CSSA, SSA. Madison. USA. pp. 533-561.
- Noguera, R. R. y Posada Ochoa, S. L.** 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias* 20 (2):174-182.
- Nuciari, M. C.** 2006. 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. *Agrociencia X* (1):1-16.
- Nuciari, M. C.; Cid, M. S.; Fay, P. y Stritzler, N.** 1997. Porcentajes de tejidos lentamente digestibles e indigestibles en *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabriglumis*. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5 (1):118-121.
- Nuciari, M. C.; Cid, M. S.; Fay, P. y Stritzler, N.** 2000. Producción y parámetros de calidad del rebrote invernal y primaveral de matas de *Elytrigia scabrifolia* y *E. scabriglumis* (Gramineae). *Revista Argentina de Producción Animal* 20 (1):1-15.
- Pujol Palol, M.** 1998. Gramíneas; aplicaciones agronómicas. Universitat Politècnica de Catalunya. (ed), Barcelona, España. 219 pp.
- Queiroz, S.; Gomide, J. A. and Maria, J.** 1997. Anatomic and chemical traits, and *in vitro* digestibility of three tropical grasses. *Proceeding XVII International Grassland Congress (Canada)* 2:85-86.
- SAS Institute. Inc.** 1999. SAS®. Usa's Guide): Statistics SAS Institute Inc., Cary, NC. 34 pp.
- Silva Lima, L. M., Alquini, Y., Freixeiro Alves, C. J. y Deschamps, F. C.** 2001. Area de tecidos de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flugge) K. y *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm. *Ciencia Rural* 31 (3) pp. 509-515.
- Sass, J.** 1958. *Botanical microtechnique*. 3ra. ed. Iowa State, Univ. Press. Ames. Iowa. 228pp.
- Stritzler, N. P.; Ferri, C. M. y Jouve, V. V.** 1997. Comparación de modelos utilizados para estimar la desaparición de la materia seca *in sacco* y la degradabilidad efectiva. *Revista Argentina de Producción Animal* 17(4):353-364.

- Stritzler, N. P.; Pagella, J. H ; Jouve, V. V. and Ferri, C. M.** 1996. Yield and nutritive value of some warm-season grasses grown under semi-arid conditions in La Pampa, Argentina. *Journal of Range Management* 49 (2):121-125.
- Tivano, J. C. y Heinzen, F. A.** 1996. Anatomía cuantitativa en 3 cultivares de *Dichanthum aristatum* (Poir.) C. E. Hubbard (Poaceae) para inferir su valor forrajero. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 101 (1):15-23.
- Tivano, J.; Vegetti, A. y Brollo, M.** 1990. Uso de caracteres histofoliarios en la evaluación de la calidad forrajera de líneas de *Paspalum dilatatum*. *Revista Argentina de Producción Animal* 10 (1):13-17.
- Tivano, J. C.; Ramos, J.C. y Gasser, M.** 2007. Digestibilidad de los pastos: Bases histoquímicas. Ed. UNL. 63 pp.
- Van Soest, P. J.** 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed., Cornell Univ. Press, Ithaca and London, UK. 476 pp.
- Wilman, D. and Ahmad, N.** 1999. *In vitro* digestibility, neutral detergent fibre, lignin and cell wall thickness in plant parts of three forage species. *Journal of Agricultural Science* 133(1):103-109.
- Wilman, D. and 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. *Journal of Agricultural Science* 131 (1):69-77.
- Wilson, J. R.** 1993. Organization of forage plant tissues. En: Forage cell wall structure and digestibility Jung, H. G.; Buxton., D. R., Hatfield, R.; Ralph, J. (eds.). ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisconsin, USA. pp.1-3.
- Wilson, J. R.** 1997. Chemical composition and anatomical traits. Simposio Internacional sobre produção animal em pastejo. Viçosa. Anais. Viçosa, pp. 209-234.
- Wilson, J. R. and Hatfield, R. D.** 1997. Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: Consequence for fibre degradation rumen microflora. *Australian Journal of Agricultural Research*.48 (2):165-180.
- Wilson, J. R. and Kennedy, P. M.** 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Australian Journal of Agricultural Research*.47 (2):199-225.
- Wilson, J. R. and Mertens, D. R.** 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science* 35 (1):251-259.