






Evaluación del crecimiento y características microhistológicas de *Panicum coloratum* y *Urochloa brizantha* según frecuencia de corte basada en la vida media foliar

Evaluation of growth and microhistological characteristics of *Panicum coloratum* and *Urochloa brizantha* under cutting frequencies based on leaf lifespan

Fernández Pepi María G.^{1*}; María V. Ehret¹; María L. A. Gatti²

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Dpto. de Producción Animal, Cátedra de Nutrición Animal.

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Dpto. de Producción Animal, Cátedra de Forrajicultura.

* Autor correspondiente: <fernandezpepi@agro.uba.ar>

Resumen

El desplazamiento de la ganadería hacia zonas subtropicales aumentó el interés por entender los patrones de crecimiento y las características anatómicas que determinan la calidad nutricional de las pasturas megatérmicas bajo distintas estrategias de manejo. El objetivo fue evaluar el impacto de dos frecuencias de corte basadas en valores de vida media foliar sobre el crecimiento y calidad nutricional de *Panicum coloratum* y *Urochloa brizantha*, a escala individuo y canopeo. A nivel individuo, se establecieron ocho plantas de cada especie en macetas de 10 litros; a nivel canopeo se establecieron ocho parcelas de 9 m², cuatro de *U. brizantha* y cuatro de *P. coloratum*. Se utilizó un diseño completamente aleatorio de dos frecuencias de corte con cuatro repeticiones (n=4). Se aplicaron dos tratamientos de cortes basados en la vida media foliar (VMF): Frecuencia Testigo (FT, 100% VMF), y Alta Frecuencia (AF, 50% VMF). Se estimó la calidad por microhistología post-incubación ruminal. La frecuencia de defoliación modificó la estructura, la oferta forraje-

► Ref. bibliográfica: Fernández Pepi, M. G.; Ehret, M. V.; Gatti, M. L. A. 2025. Evaluación del crecimiento y características microhistológicas de *Panicum coloratum* y *Urochloa brizantha* según frecuencia de corte basada en la vida media foliar. *Lilloa* 62 (2): 437-456. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/2173>

► Recibido: 14 de abril 2025 – Aceptado: 15 de julio 2025 – Publicado: 8 de agosto 2025.

► URL de la revista: <http://lilloa.lillo.org.ar>



► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

ra y características histológicas de impacto en la calidad nutricional, mostrando patrones diferenciales entre especies. La anticipación de la defoliación a la VMF condujo a una menor oferta forrajera, pero con un tejido foliar rápidamente degradable más aprovechable por los microorganismos ruminales, lo que implica una mejor calidad. La densidad de macollos aumentó para *P. coloratum* y disminuyó para *U. brizantha* sin haberse sostenido el efecto en el tiempo, posiblemente debido a limitantes en los recursos ambientales. Esta información es una aproximación al conocimiento de la relación entre la frecuencia de defoliación y calidad, que permitirá establecer estrategias de manejo de estas especies según el objetivo productivo para la que se utilicen.

Palabras clave: Calidad nutricional; defoliación; degradabilidad in sacco; forrajeras C4; tejidos remanentes.

Abstract

The displacement of livestock farming towards subtropical areas has increased interest in understanding growth patterns and anatomical characteristics that determine the nutritional quality of megathermic pastures under different management strategies. The objective of this study was to evaluate the impact of two cutting frequencies based on average leaf lifespan values, on the growth and nutritional quality of *Panicum coloratum* and *Urochloa brizantha* at individual plant and canopy scales. At the individual level, eight plants of each species were established in 10-liter pots. At the canopy level, eight plots of 9 m² were established, four of *U. brizantha* and four of *P. coloratum*. A completely randomized design with two cutting frequencies and four replicates (n=4) was employed. Two cutting treatments based on leaf lifespan (LLS) were applied: Control Frequency (FT, 100% LLS) and High Frequency (AF, 50% LLS). Quality was estimated by ruminal post-incubation microhistology. The frequency of defoliation modified the structure, forage supply and histological characteristics, influencing nutritional quality, exhibiting differential patterns between species. An earlier defoliation than the LLS resulted in lower forage supply, but with a rapidly degradable leaf tissue, which was more usable by ruminal microorganisms, implying improved quality. Tiller density increased in *P. coloratum* and decreased in *U. brizantha*, although this effect was not sustained over time, possibly due to limitations in environmental resources. This information provides an approximation to understanding the relationship defoliation frequency and quality, which will allow establishing management strategies for these species according to their intended productive objective.

Keywords: Defoliation; in-sacco degradability; nutritional quality; remnant tissues; C4 forages.

INTRODUCCIÓN

En la región pampeana, el desplazamiento de la frontera agropecuaria llevó a que la actividad ganadera se desarrolle sobre tierras con fuertes limitaciones edafoclimáticas: especies nativas de baja de calidad, bajos alcalinos, suelos salino-sódicos, arenosos o tendientes al anegamiento, cuya productividad primaria no supera los 2500 kg MS/ha al año (Elizalde y Riffel, 2016). Este panorama revalorizó las especies forrajeras perennes C4 en virtud de su mayor adaptación a diversos climas, gran producción de forraje estival y tolerancia a situaciones de estrés. *Panicum coloratum* L. cv. Klein (mijo perenne) y *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) R. Webster cv. Marandú (brizantha) son especies megatérmicas perennes estudiadas en regiones subtropicales debido a su mayor eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, con capacidad de adaptarse a sitios con limitantes edáficas, hídricas y térmicas (Petruzzi *et al.*, 2003; Imaz *et al.*, 2012). *P. coloratum*, siendo cespitosa erecta y hábito de floración indeterminada, presenta una producción de 5000 - 8000 kg MS/año y crecimiento primavera-estival (PEO) (Petruzzi *et al.*, 2003; Grimoldi *et al.*, 2015), mientras que *U. brizantha* es macolladora y morfotipo cespitoso con floración determinada, en una zona favorable puede la productividad de llegar a las 10 tn MS/ha, pero en zonas con limitantes puede disminuir a 5 tn MS/año (Avila *et al.*, 2014). Sin embargo, es escasa la información sobre la calidad nutricional de estas especies asociada a diferentes manejos. Además, el pasaje del estado vegetativo al reproductivo que acelera la velocidad de lignificación de la pared celular y el aumento de la síntesis de compuestos de defensa es mayor para las megatérmicas (van Soest, 1982; Arriaga *et al.*, 2013). Esto último es uno de los principales factores determinantes de la baja calidad forrajera en las megatérmicas que traen aparejada una disminución de la digestibilidad del forraje (Wilson y Merterns, 1995), pero que concomitantemente les permiten tolerar ambientes extremos (Arriaga *et al.*, 2013). Esto se debe a la organización de los tejidos especializados para la fijación del CO₂, presentando una mayor acumulación en las áreas foliares para una mayor eficiencia en el uso de la radiación y del nitrógeno que las especies C3 en ambientes con alta temperatura y luminosidad (Ugarte, 2014). Además, el pasaje del estado vegetativo al reproductivo que acelera la velocidad de lignificación de la pared celular y el aumento de la síntesis de compuestos de defensa es mayor para las megatérmicas (van Soest, 1982; Arriaga *et al.*, 2013).

Además de las características intrínsecas de las especies C4, la frecuencia de defoliación también contribuye a su calidad nutricional. El tiempo de descanso (inversa de la frecuencia de defoliación) se relaciona con el crecimiento; la senescencia de las hojas y la acumulación de tallos (van Soest, 1982; Arriaga *et al.*, 2013). La calidad de estos dos órganos es considerablemente diferente, siendo mayor la de la hoja con respecto al tallo (Cowan *et al.*, 1993; Pembleton *et al.*, 2009). El tallo, al ser de menor calidad, puede reducir el consumo y restringir físicamente el acceso.

En las especies C3, la frecuencia de corte óptima está basada en la vida media foliar (VMF; *i.e.* equivalente al tiempo que demanda la completa expansión del número máximo de hojas vivas que puede sostener cada macollo) (Lemaire y Agnusdei, 2000), que maximiza las tasas de crecimiento, incrementa el macollaje y los niveles de reserva, reanuda el crecimiento de las raíces y mejora la persistencia, manteniendo la calidad del forraje para los animales (Fulkerson y Slack, 1994; Donaghy y Fulkerson, 1997; Fulkerson y Donaghy 2001; Rawnsley *et al.*, 2002; Donaghy *et al.*, 2008). Si bien hubo varios intentos de manejar forrajes C4 para maximizar la producción de hojas, limitando al mismo tiempo la producción de tallos, se desconoce el impacto que esta metodología de defoliación puede tener sobre el crecimiento y la calidad nutricional en los diversos morfotipos (Fulkerson y Donaghy, 2001; Ehrlich *et al.* 2003a, 2003b). De esta manera se buscaría maximizar la calidad del forraje cosechado, con máximo tejido de láminas verdes y mínima cantidad de tejidos senescentes y de sostén.

La manera de evaluar calidad nutricional de los forrajes ha sido ampliamente documentada, siendo la más usada la caracterización química (Van Soest, 1967). Se han reportado para *P. coloratum* valores promedios de 59,7% de neutro (FDN) y 39,1% de fibra detergente ácido (FDA) (Jaurena y Danelón, 2006) y para *C. gayana* 10-12% de proteína bruta y menos del 65% de (FDN) (Leal *et al.*, 2010). Este tipo de información sobre el contenido de nutrientes y sustancias son de importancia dado que pueden ser utilizados para determinar limitantes en la productividad, directa o indirectamente en base a la asociación, por ejemplo, con la digestibilidad y el consumo (Detmann *et al.*, 2008).

Sin embargo, la estimación de la calidad por microhistología, a partir de la medición de los diferentes tipos de tejidos, según su grado de lignificación y su degradabilidad potencial (Fernández Pepi *et al.*, 2016; Jaurena *et al.*, 2023), ha sido poco explorado para las gramíneas forrajeras C4. Bruno (2023) evaluó mediante esta metodología en lámina, vaina y tallo para estimar calidad de *P. coloratum* y *C. gayana*, según el número de hojas totalmente expandidas. Encontró que *P. coloratum* pierde calidad más rápido que *C. gayana* debido a la precocidad en la floración y elongación temprana de tallos.

La composición y la susceptibilidad de la pared celular a la digestión por los microorganismos del rumen está determinada por el estado fenológico de la planta y su grado de lignificación (Wilson y Hatfield, 1997; Van Soest, 1994). El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de dos frecuencias de corte basadas en valores de vida media foliar sobre el crecimiento y calidad nutricional de *Panicum coloratum* cv. Klein y *Urochloa brizantha* cv. Marandú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especies seleccionadas

El *Panicum coloratum* L. cv. Klein (mijo perenne) y *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) R. Webster cv. Marandú (brizantha) son dos especies megatérmicas que actualmente se revalorizan en la región templada argentina. El *P. coloratum* es una gramínea perenne, nativa del continente africano y adaptada a zonas templado-cálidas, apreciada en la región pampeana por su tolerancia a heladas y suelos halo-hidromórficos (Petruzzi *et al.*, 2003; Imaz *et al.*, 2012; Ferri *et al.*, 2017). *Urochloa brizantha*, nativa del continente africano, compone el 70% de las pasturas implantadas en Brasil (Pariz *et al.*, 2011). También es, utilizada en los sistemas silvopastoriles de la zona de Corrientes, Argentina, por su capacidad de crecer bajo condiciones de sombreado intermedio (Maurig y Bernardis, 2017).

Sitio de estudio y diseño experimental

Nivel de organización: individuo.— Durante diciembre del 2017, se establecieron 8 plantas de *U. brizantha* y 8 plantas de *P. coloratum* en macetas de 10 litros, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (-34° 35'S, -58° 29' O). En diciembre del 2017 se realizó un corte de emparejamiento (C0) dejando un remanente de 10 cm (Tyronne Clavero, 1993; Bauer *et al.*, 2011). Para cada especie se utilizó un diseño completamente aleatorio de dos frecuencias de corte con cuatro repeticiones (n=4A) Frecuencia Testigo (FT, cuando se alcanzó el número máximo de hojas verdes, 100% VMF), y B) Alta Frecuencia (AF, definido para la mitad de valor anterior). Los cortes se realizaron cuando el 50% de los macollos anillados llegó al número de hojas definido para cada tratamiento (Gatti *et al.*, 2017). Luego del corte inicial, las mediciones fueron cada 3-5 días hasta realizar los cortes de tratamiento. Al alcanzar el estado de rebrote requerido, se procedió a cortar todo el material aéreo sobre los 10 cm. Se efectuaron 2 cortes para cada tratamiento, después del C0. El período experimental abarcó 9 y 17 semanas en *U. brizantha*, mientras que para *P. coloratum* fue de 8 y 15 semanas (AF y FT, respectivamente). Se estimó el filocrono, a partir de la regresión lineal de los grados día entre la aparición de dos hojas sucesivas (Berone *et al.*, 2008; Gatti *et al.*, 2013). Se utilizó una temperatura base de 10°C (Bandera *et al.*, 2013; Ferri *et al.*, 2017). Los registros de temperaturas se obtuvieron de la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (FAUBA).

Nivel de organización: canopeo.— En la primavera de 2017 se sembraron ocho parcelas de 9 m², 4 de *U. brizantha* y 4 de *P. coloratum*. Durante el segundo año de crecimiento, octubre 2018 – febrero 2019, luego del rebrote primaveral en octubre (C0) y hasta el mes de febrero la mitad de cada parcela fue cortada a 10 cm de la superficie con una frecuencia correspondiente al 50% de la VMF – alta frecuencia. La otra mitad se cortó cuando se alcanzó el 100 % de la VMF –frecuencia testigo. El 5 de enero del 2018, se seleccionaron y anillaron dos macollos al azar por planta, en los que se registraron, cada 3 días y se realizó el seguimiento igual que lo descrito para nivel individuo. Teniendo en cuenta los datos obtenidos durante el ensayo en macetas, la suma térmica (temperatura base de 10°C) se estableció en 746°Cd (°C día) para *P. coloratum* y en 462°Cd para *U. brizantha*. Se realizaron en total cuatro cortes de alta y tres cortes para la frecuencia testigo.

Las muestras de *P. coloratum* se recolectaron con un marco de 0.203 m² arrojado al azar en cada parcela. En la especie *U. brizantha*, debido a la menor cantidad de plantas que sobrevivieron el invierno y las heladas, se trabajó en la recolección de datos a nivel de planta (g. planta⁻¹), seleccionando al azar dos plantas para cada tratamiento, lo cual correspondió a 0.406 m². Para el análisis de las variables se consideró la productividad expresada como gramos de materia seca sobre metro cuadrado (gMS.m²).

Crecimiento y estructura de la planta

Previo a cada corte, se registraron la densidad de macollos y el estado fenológico (vegetativo, reproductivo encañado o reproductivo con vara floral) de las plantas de cada media parcela. Las variables de respuesta al crecimiento fueron la oferta forrajera disponible por sobre los 10 cm en cada corte y la sumatoria de oferta forrajera disponible a lo largo de todo el período experimental, considerando material verde y seco (Sala y Austin, 2000).

La biomasa acumulada por sobre la altura de corte durante todo el período experimental fue analizada por análisis de varianza (ANOVA). La estructura del cultivo se evaluó mediante el número de macollos (n° macollo. m⁻²); y al igual que la oferta forrajera por sobre la altura de corte se analizaron los datos de los tratamientos que coincidieron en fecha de corte, los cuales se compararon mediante análisis de varianza con medidas repetidas con un enfoque multivariado (MANOVA), con un nivel de significancia del 5%, con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2010)

Calidad nutricional

Se estimó la calidad nutricional del último corte de cada tratamiento y especie a nivel canopeo, mediante el análisis microhistológico de tejidos remanentes post-incubación ruminal. Se emplearon dos ovejas con fístula permanente de la Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal (FAUBA), las cuales fueron previamente acostumbradas durante 21 días a una dieta estándar (heno, suplementado con 60% pellet de alfalfa y 40% grano de maíz) (CICUAL EXP-UBA:0006730/2021).

Del material vegetal fueron cortados 5 segmentos de 3-4 cm de largo y se colocaron en bolsas de dacrón. Cada bolsa se suspendió en el rumen de las ovejas para cuatro tiempos de incubación (0, 6, 12 y 24 h; 1 bolsa por especie × tratamiento × tiempo). Al finalizar cada período de incubación, se retiró y enjuagó el material, para conservarlo en solución de formaldehído, alcohol y acético (Fernández Pepi *et al.*, 2016).

Sobre el material degradado se realizaron 10 cortes transversales para cada material obtenido. Se utilizó floroglucina como tinción para el reconocimiento y cuantificación de los tejidos lignificados (D' Ambrogio de Argüeso, 1986). Mediante microscopía óptica (fotomicrografías tomadas al microscopio óptico Arcano con una cámara Arcano 3.0.) y con el Programa Image J (Rueden *et al.*, 2017), se analizó el tipo y la proporción de tejido remanente. Para esto se tuvo en cuenta el grado de lignificación de las paredes: no lignificados (rápidamente degradable – TRD > 60% desaparecido), ligeramente lignificados (lentamente degradable – TLD entre 10 -60% desaparecido), muy lignificados (no degradable – TND <10% desaparecido) (Akin y Burdick, 1975; Fernández Pepi *et al.*, 2016). Se compararon los porcentajes de cada tipo de tejido remanente, para cada tiempo, respondiendo al modelo % tejido remanente = tratamiento x tiempo x parcela x oveja, con un modelo ProcGLM (Modelo Lineal General - Modelo 1). Mediante el programa estadístico SAS. Las diferencias fueron declaradas significativas con un nivel del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Filocrono y número de hojas vivas

A partir de los datos obtenidos en el ensayo de macetas, se observó que *U. brizantha* fue una especie más veloz, que *P. coloratum*; dado que su filocrono (*U. brizantha*: 124.73 (23.76) °C .hoja⁻¹ vs. *P. coloratum*: 152.03 (47.68) °C .hoja⁻¹) y su vida media foliar fueron más cortos (*U. brizantha*: 462.32 (51.96) °C .hoja⁻¹ vs *P. coloratum*: 745.82 (165.39) °C .hoja⁻¹). El número de hojas vivas por macollo (NHV) fue de 3 en *U. brizantha* y 5 en *P. coloratum*; estableciendo así la frecuencia de corte testigo (FT) y la alta frecuencia de corte (AF) en 1,5 y 2,5 hojas por macollo para *U. brizantha* y *P. coloratum*, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para las diferentes variables morfogénicas y estructurales de *Urochloa brizantha* y *Panicum coloratum*. Los datos corresponden a promedios y valores p: ns = diferencias no significativas; *p < 0,05. VMF: Vida media foliar, NHE: Número de hojas expandidas; NHEE: Número de hojas en expansión; NHV: Número de hojas vivas (NHE+NHEE); NHS: Número de hojas senescentes; NMV: Número de macollos vivos; NMR: Número de macollos reproductivos. Frecuencia de corte: A (alta, 50%VMF); T (Testigo, 100% VMF).

Table 1. Results of the analysis of variance for the different morphogenetic and structural variables of *Urochloa brizantha* and *Panicum coloratum*. The data correspond to means and p-values: ns = non-significant differences; *p < 0.05. VMF: Leaf mean lifespan; NHE: Number of expanded leaves; NHEE: Number of expanding leaves; NHV: Number of living leaves (NHE + NHEE); NHS: Number of senescent leaves; NMV: Number of live tillers; NMR: Number of reproductive tillers. Cutting frequency: A (high, 50% VMF); T (control, 100% VMF).

Variables	Frecuencia de corte	<i>Urochloa brizantha</i>		<i>Panicum coloratum</i>	
Filocrono	A	139,3	ns	90,9	ns
	T	145,6		107,7	
VMF	A	392,2	ns	296,5	ns
	T	436,3		357,8	
NHE	A	2,0	ns	2,5	ns
	T	2,5		3,0	
NHEE	A	0,9	ns	0,8	ns
	T	0,5		0,3	
NHV	A	2,9	ns	3,3	ns
	T	3,0		3,3	
NHS	A	0,2	*	0,1	*
	T	0,7		0,8	
NMV	A	56,5	*	43,1	ns
	T	67,4		33,6	
NMR	A	0	ns	3,3	*
	T	0		8,4	

Número de hojas senescentes y densidad de individuos vegetativos y reproductivos por planta

La frecuencia de defoliación no afectó ninguna de las variables morfogénicas registradas durante el ensayo en macetas, excepto el número de hojas senescentes y las variables estructurales de las especies (Tabla 1). Estos resultados fueron utilizados para establecer la frecuencia de corte en el ensayo a nivel canopeo, en las parcelas experimentales. En *U. brizantha* la alta frecuencia de defoliación disminuyó un 71% el número de hojas senescentes por macollo respecto al tratamiento testigo (0,7 vs. 0,2 hojas. macollo⁻¹) (p<0,05). En tanto, en *P. coloratum* la disminución fue del 87 % (0,8 vs. 0,1 hojas. macollo⁻¹; Tabla 1). La frecuencia de defoliación afectó diferencialmente el desarrollo de macollos vegetativos en ambas especies. En *U. brizantha* el tratamiento de alta frecuencia disminuyó un 16% la densidad de macollos vegetativos (67,4 vs. 56,5 macollos.planta⁻¹; Tabla 1). Sin embargo, la frecuencia de defoliación no afectó la densidad de macollos de *P. coloratum* (p> 0,05). *Urochloa brizantha* no presentó macollos en estado reproductivo durante el período experimental (Tabla 1).

En *P. coloratum* la alta frecuencia de defoliación disminuyó un 61% la presencia de macollos reproductivos respecto del tratamiento testigo (8,4 vs. 3,3 macollos.planta⁻¹; Tabla 1). Es sabido que los carbohidratos no estructurales contenidos en el material senescente se pierden con facilidad (Ocumpaugh y Matches, 1977) y que su disminución deprime la digestibilidad *in vivo* del forraje (Griggs *et al.*, 2007). Si bien a nivel de individuo, los valores obtenidos coinciden con los publicados por otros autores (Mari, 2003; Alexandrino *et al.*, 2005; Rodrigues *et al.*, 2017), evidenciando la disminución del número de macollos vegetativos al aumentar la frecuencia de corte en *U. brizantha* (Tabla 1), todavía no está totalmente claro el impacto que tendría en la biomasa acumulada a esta escala.

En las parcelas, *U. brizantha* manifestó su estado reproductivo únicamente en la frecuencia testigo (100% VMF) en el último corte del período experimental encañando (Corte 4) en el mes de febrero. Estos resultados coinciden con Ricci (2005) donde se demuestra que una de las características de *U. brizantha* es el lento pasaje de estado vegetativo a reproductivo. *Panicum coloratum* alcanzó el estado reproductivo en el mes de diciembre para ambas frecuencias de corte (Corte 2), encañando con la alta frecuencia de corte (50% VMF) y floreciendo con la frecuencia testigo (100% VMF).

Oferta de forraje y su variabilidad estacional

Panicum coloratum presentó un pico de producción de forraje en el mes diciembre (Corte 2), luego disminuye hacia el final del período experimental, independientemente de la frecuencia de corte. Para *U. brizantha* la oferta forrajera aumenta hacia el final del período experimental (Corte 4), independientemente de la frecuencia de corte. La oferta forrajera total durante todo el período experimental fue un 47% menor al aumentar la frecuencia de corte en *P. coloratum* (FT = 1469 g MS/m², 50% VMF = 782 g MS/m²; $p < 0,05$); y 30 % menor en *U. brizantha* (FT = 645, g MS/m² 50% VMF = 449 g MS/m²; $p < 0,05$). Al momento de cada corte la tendencia se mantuvo, la alta frecuencia hizo disminuir la oferta forrajera cosechable para ambas especies significativamente ($p < 0,01$). Se evidenció la interacción frecuencia por tiempo y efecto tiempo sobre la variable respuesta. Estos resultados coincidieron con los presentados por Zago y Gomide (1982), Ruggiere *et al.* (1995) y Acunha y Coelho (1997) para otras especies megatérmicas con similares manejos.

La densidad de macollos de ambas especies cambió con el tiempo para las frecuencias de corte evaluados (interacción frecuencia por tiempo; $p = 0,0007$ – *P. coloratum* y $p = 0,0482$ – *U. brizantha*). Las diferencias significativas en la densidad de macollos producto de la frecuencia de corte se evidenciaron únicamente cuando se dio el pico de producción.

En *P. coloratum* la alta frecuencia de corte incrementó un 44% la densidad de macollos (Corte 2; interacción frecuencia por tiempo, $p = 0,0007$; Fig. 1c) con respecto a la frecuencia basada en el 100% VMF. Según Casal et al. (1985) y Lemaire (2021), esta respuesta en el cambio de la densidad de macollos según la frecuencia de corte se debe al impacto de la defoliación sobre el ambiente lumínico: una alta frecuencia aumenta la relación rojo/rojo lejano (Matthew et al., 2000). El aumento en el número de macollos bajo una alta frecuencia de corte fue acompañado por una menor oferta forrajera disponible, por lo que posiblemente disminuyó el peso individual de cada macollo, por el mecanismo de compensación tamaño – densidad (SDC). Esto permitiría amortiguar el efecto de las variaciones en el índice de área foliar producto de la defoliación (Lemaire y Chapman, 1996); pero en este caso es sólo un efecto temporal. Este fenómeno de compensación tamaño/densidad fue observado en otras especies subtropicales (Sbrissia et al., 2001, 2003; Hirata y Pakinding, 2002). Sin embargo, la sobrepoblación de macollos no sobrevivió, lo cual no estuvo asociado a la frecuencia sino a la dinámica propia especie y podría deberse a la escasez de recursos del ambiente (luz y agua), momento en el cual podría haberse alcanzado el techo ambiental del índice de área foliar (Matthew et al., 2000) y a la entrada en estado reproductivo. La tendencia observada en la dinámica de macollaje y de acumulación de materia seca para *P. coloratum*, coincidió con el comportamiento descrito para la especie, donde se observó que rebrotó desde el mes de octubre, logrando el pico de producción entre los meses de noviembre y diciembre (Petruzzi et al., 2003). A partir del mes de febrero, momento en el cual disminuyó la radiación incidente y las temperaturas, la producción comenzó a disminuir hasta que se frenó con las primeras heladas (Avila et al., 2014). En detrimento de la oferta forrajera, una frecuencia de corte alta promovió la formación de macollos y su correcto desarrollo, lo cual aseguraría una mejor persistencia y la rápida recuperación del área foliar post pastoreo, previo a las sequías de verano (Ferri et al., 2017).

En *U. brizantha*, el aumento de la oferta forrajera disponible por sobre los 8 cm (Fig. 1b) y del número de macollos (Fig. 1d) pudo haber estado vinculado a que esta especie, en comparación con otras forrajeras megatérnicas, tarda más en ganar en cobertura verde post rebrote, posiblemente debido a una diferente estrategia de crecimiento y respuesta a estímulos (e.g. longitud del día, humedad y temperatura superiores) (Ricci, 2005). Anticipar la defoliación a la VMF de la especie (alta frecuencia) redujo la oferta de forraje disponible. Únicamente hacia el final del período experimental (Corte 4), la densidad de macollos aumentó un 32% ($p < 0,05$) (Fig. 1d). Con una alta frecuencia de corte no se logró compensar la menor biomasa, a pesar de contar con un mayor número de macollos, coincidiendo con lo observado por otros autores para esta especie (Mari, 2003; Alexandrino et al., 2005). Esto estaría asociado posiblemente, a una disminución de la radiación incidente hacia el final del período experimental u otro tipo de estrés.

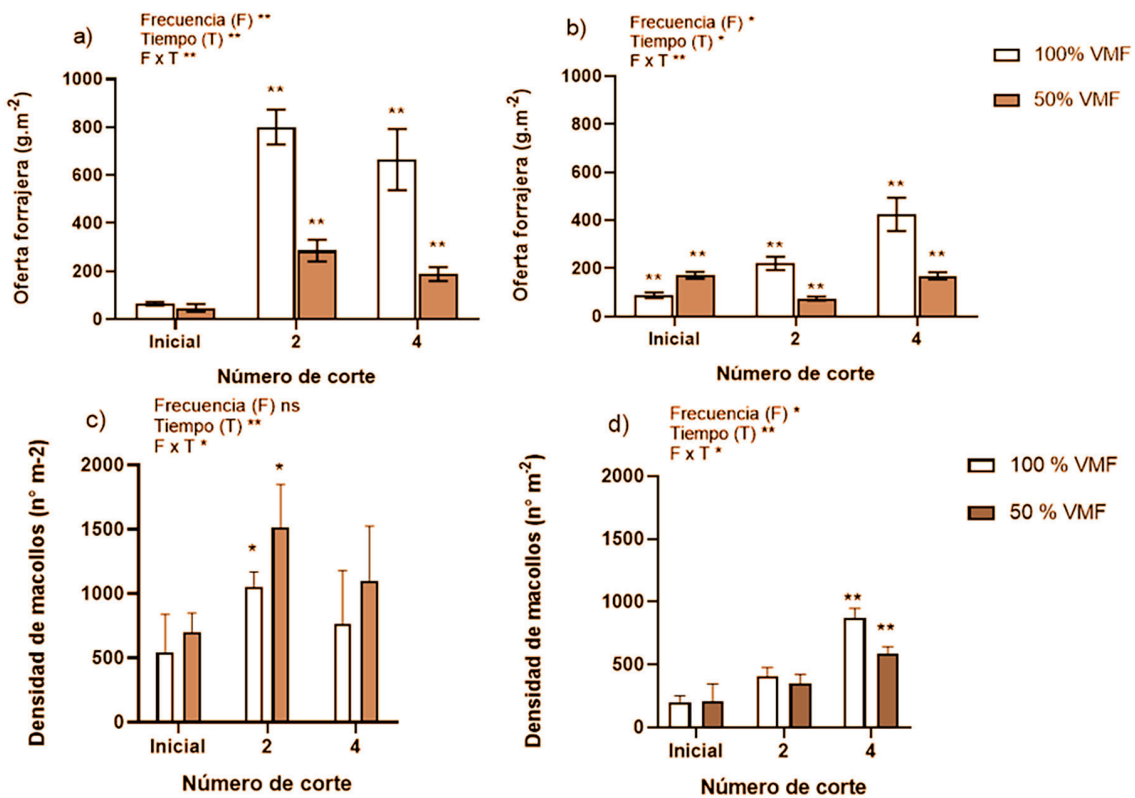


Fig. 1. Oferta forrajera disponible por sobre los 8 cm (g MS.m⁻²) sólo en los cortes coincidentes en fecha para ambos tratamientos (a) *Panicum coloratum* (b) *Urochloa brizantha*. Densidad de macollos por unidad de superficie (n°.m⁻²) para (c) *Panicum coloratum* y (d) *Urochloa brizantha*. Los datos corresponden a valores medios \pm desvío estándar indica diferencias significativas; $p < 0,01^{**}$ y $p < 0,05^{*}$. Comparaciones realizadas entre frecuencias de corte 100% y 50% de la VMF para cada especie.

Fig. 1. Available forage supply above 8 cm (g DM.m⁻²) only in cuts with identical cutting dates across both treatments (a) *Panicum coloratum* (b) *Urochloa brizantha*. Tiller density per unit area (no.m⁻²) for (c) *Panicum coloratum* and (d) *Urochloa brizantha*. Data correspond to mean values \pm standard deviation indicating significant differences; $p < 0.01^{**}$ and $p < 0.05^{*}$. Comparisons were made between the cutting frequencies of 100% and 50% of VMF for each species.

Mari (2003) determina que, con la maduración de la planta, mayor es el porcentaje de macollos logrado, lo cual se evidencia con una menor frecuencia de corte, sobre todo en verano donde es mayor el ritmo de crecimiento.

Calidad forrajera

La diferencia en calidad nutricional producto de la frecuencia de corte se vio reflejada, como primera aproximación para *P. coloratum*, en el menor porcentaje de tejido remanente de TRD para la alta frecuencia, tanto a las 6 como 12 horas de incubación (Fig. 2a). A las 6h la proporción de TRD es un 12 % menor para los cortes de alta frecuencia (TRD 50 % VMF = 7 ± 0.27 ; TRD 100% VMF = 8 ± 0.27 ; $p < 0.05$) y a las 12h un 20 % menor

(TRD 50% VMF = 4 ± 0.27 ; TRD 100% VMF = 5 ± 0.27 ; $p < 0.01$). La alta frecuencia permitió una mayor accesibilidad de los microorganismos a los tejidos más verdes y con una pared celular menos lignificada. Estos resultados indicarían que cortes de alta frecuencia mejorarían la calidad del material. A las 24 h se puede observar que se revierte la tendencia en lo que respecta al porcentaje de TLD remanente, disminuyendo el mismo en la alta frecuencia (un 14% menos respecto al remanente en la FT; TLD AF = 30 ± 0.44 ; TLD FT = 35 ± 0.44 ; $p < 0.01$). Las diferencias en calidad en esta especie se observaron marcadamente entre las 12 y 24 h, tiempo en el que un alimento permanece en promedio en rumen dependiendo del %MS. Este factor es importante para suministrar el alimento de forma tal que la tasa de pasaje no sea tan alta como para poder aprovecharlo al máximo. El aumento de la calidad al aumentar la frecuencia de corte descrita en el presente trabajo coincide con la informada por Agnusdei *et al.* (2011) y Ferri *et al.* (2017).

Para *U. brizantha*, la mayor frecuencia de corte generó un material de mejor calidad nutricional por la mayor proporción de tejido rápida (mesófilo) y lentamente degradable (epidermis) (Fig. 1b). El tratamiento de alta frecuencia presentó un 29% más de TRD que frecuencia basada en el 100% VMF (TRD AF = 18 ± 0.31 ; TRD FT = 14 ± 0.31 ; $p < 0.05$) y un 6% más de TLD (TLD AF = 36 ± 0.60 ; TLD FT = 34 ± 0.60 ; $p < 0.05$). Por el contrario, la frecuencia de corte basada en la VMF de la especie promovió que las láminas tuvieran mayor proporción de tejido no degradable (haces vasculares + células anexas), el cual posee lignina que limita la degradación de los polisacáridos estructurales en el rumen (Van Soest, 1994; Kondo *et al.*, 1998; Echenique *et al.*, 2008). Posterior a la incubación ruminal, el menor porcentaje de TRD remanente a las 6 horas para el tratamiento de alta frecuencia (TRD 5AF = 6 ± 0.31 ; TRD FT = 7 ± 0.31 ; $p < 0.01$) y el menor remanente de TLD que se observó a las 24 h, demuestran también que la alta frecuencia de corte permitió obtener material de mejor calidad nutricional. Mayor porcentaje de mesófilo en la lámina del forraje implicaría una mayor calidad del material, como se observa en *U. brizantha* cuando es manejada con altas frecuencias de corte. Un menor porcentaje de TRD remanente en materiales foliares obtenidos por cortes de alta frecuencia en ambas especies evidenciarían un mejor aprovechamiento del forraje. Por lo tanto, este tipo de manejos que llevan cambios favorables en la accesibilidad de los microorganismos, permitirán una mejora en la calidad nutricional del forraje ofrecido.

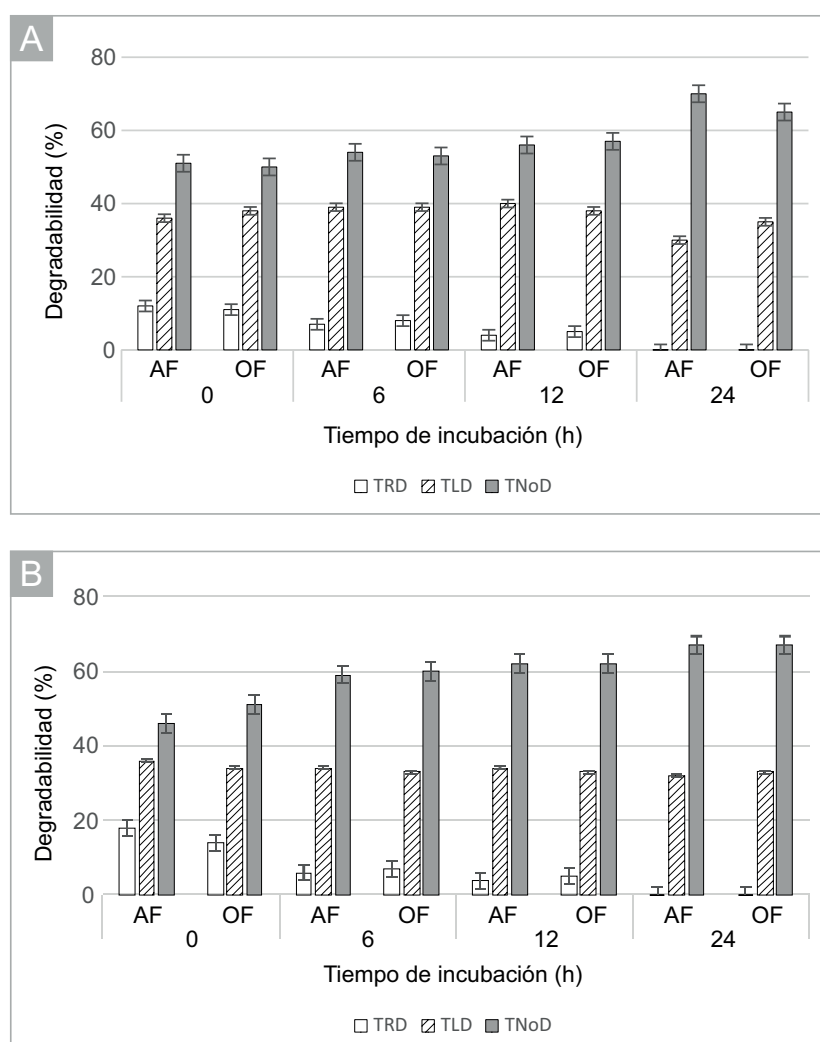


Fig. 2. Remanente de cada tipo de tejido (TRD – TLD – TND), para ambos tratamientos (50% VMF – 100% VMF) agrupados según el tiempo de incubación ruminal: 0, 6, 12 y 24 horas. a) *Panicum coloratum* b) *Urochloa brizantha*. TRD: tejido rápidamente degradable; TLD: tejido lentamente degradable; TND: tejido no degradable. Los datos corresponden a valores medios \pm desvío estándar. Se indica diferencias significativas; $p < 0,01^{**}$ y $p < 0,05^*$. Comparaciones realizadas entre frecuencias de corte 100% y 50% de la VMF para cada especie.

Fig. 2. Remnant tissue of each type (TRD – TLD – TND), for both treatments (50% VMF – 100% VMF) grouped according to ruminal incubation time: 0, 6, 12 and 24 hours. a) *Panicum coloratum* b) *Urochloa brizantha*. TRD: rapidly degradable tissue; TLD: slowly degradable tissue; TND: non-degradable tissue. Data correspond to mean values \pm standard deviation. Significant differences are indicated; $p < 0.01^{**}$ and $p < 0.05^*$. Comparisons were made between 100% and 50% cutting frequencies of the VMF for each species.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones ensayadas, defoliar en el valor de la VMF –frecuencia testigo- impactó significativamente en la biomasa acumulada de las especies a nivel canopeo. Una frecuencia de defoliación basada en la VMF permitió alcanzar una mayor productividad para ambas especies, mientras que anticipar la defoliación (50%VMF) llevó a que se cosechara material de mejor calidad, con efecto diferencial en la estructura de las plantas según la especie. Por medio de la técnica microhistológica encontramos la frecuencia de defoliación impactó en el crecimiento y en la disposición de los tejidos de la lámina.

Manejado con defoliaciones anticipadas a la vida media foliar, *P. coloratum* promueve el macollaje, desde el rebrote y hasta el pico de producción. La defoliación en el valor de VMF para *U. brizantha* mejoraría su estructura y oferta disponible en el momento que se logra el pico productivo en febrero, pero a costas de una disminución de la calidad nutricional. Los hallazgos con *P. coloratum* y *U. brizantha* demuestran que existe un compromiso entre productividad y calidad que varía según el tipo morfológico y hábito de floración.

Para *P. coloratum*, una especie cespitosa de floración indeterminada, la defoliación anticipada (50% VMF) promovió el macollaje y mejoró la calidad nutricional, evidenciada por menor porcentaje de tejido remanente después de la digestión ruminal. Sin embargo, esto ocurrió a expensas de una reducción del 47% en la oferta forrajera total. En el caso de *U. brizantha*, con su morfotipo diferente y floración determinada, la alta frecuencia de corte también mejoró la calidad (29% más de tejido rápidamente degradable), pero redujo la productividad en un 30%, mostrando además un patrón temporal diferente de respuesta al manejo.

Estos resultados aportan evidencias para explicar que para determinar una frecuencia de exfoliación adecuada no sólo hay que basarse en la VMF, sino que es importante considerar un compromiso adecuado de proporción de hojas vivas máxima y la producción de tallos e inflorescencias mínima. La evaluación microhistológica demostró ser una herramienta valiosa para determinar estos momentos óptimos, al evidenciar diferencias en la disposición y accesibilidad de los tejidos que no serían detectables por métodos tradicionales.

Los resultados confirman que para optimizar tanto productividad como calidad en gramíneas C4 se requiere considerar la interacción entre tipo morfológico, estado fenológico y disposición de tejidos a nivel microscópico, más allá de la simple VMF.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó bajo el proyecto UBACyT 0277BA (2018-2019) Beca Estímulo UBACyT Resol. CS 1245/18 de la Ing. Ma. Victoria Ehret. A M. Suárez (Q.E.P.D) por su colaboración en las actividades de campo. Peman Semillas S.A por las semillas.

CONFLICTO DE INTERÉS

Se declara que no existen conflictos de interés entre los autores o con terceros.

BIBLIOGRAFÍA

- Acunha, J. B. V. y Coelho, R. W. (1997). Efeito da altura e intervalo de corte do capim-elefante-anão. I. Produção e qualidade da forragem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 32 (1): 117-122.
- Agnusdei, M. G, Di marco, O. N., Nenning, F. R. y Aello, M. S. (2011). Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by leaf age and length. *Crop and Pasture Science* 62: 1098-1105. <https://doi.org/10.1071/CP11164>
- Akin, D. E. y Burdick, B. (1975). Percentage of tissue types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of tissues by rumen microorganisms. *Crop Science* 15 (5): 661-668. <https://doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500050015x>
- Alexandrino, E., Nascimento, J. D., Ragazzi, A. J., Mosquim, P. R, Cipriano Rocha, F. y Souza, D. P. (2005). Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. *Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá* 27 (1):17-24.
- Arriaga, M. O., Jaurena, G., Fernández Pepi M. G. y Stampacchio, M. L. (2013). Anatomía cuantitativa en seis especies de gramíneas megatérmicas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48 (supl): 135.
- Avila R. Barbera, P., Blanco, L., Burghi, V., De Battista, J. P., Frasinelli, C., Frigerio Gándara, K., Goldfarb, M. C., Griffa, S., Grunberg, K., Leal, K., Kunst, C., Lacorte, S., Lauric, A., Martínez Calsina, L., Mc Lean, G., Nenning, F., Otondo, J., Petruzzi, H., Pizzio, R., Romero, L., Stritzler, N., Tomas, M. A., Carbonell, C., Ugarte, C. y Veneciano, J. (2014). Gramíneas forrajeras para el subtropical y el semiárido central de la Argentina. INTA.
- Bandera, R., Bertram, N. A., Bolleta, S., Chiacchiera Ferri, J. M., Galíndez, G., Lauric, A., Malagrina, G., Otondo, J., Petruzzi, H., Stritzler N. y Torres Carbonell, C. (2013). Las gramíneas forrajeras megatérmicas en la región templada de Argentina. INTA.

- Bauer, M. O., Alves Pacheco, L. P., Chichorro, J. F., Vasconcelos, L. V., y Campos Pereira, D. F. (2011). Produção e características estruturais de cinco forrageiras do gênero brachiaria sob intensidades de cortes intermitentes. *Ciência Animal Brasileira, Goiânia* 12(1): 17-25. <https://doi.org/10.5216/cab.v12i1.4817>
- Berone G. D., Lattanzi, F. A., Agnusdei, M. G. y Bertolotti, N. (2008). Growth of individual tillers and tillering rate of *Lolium perenne* and *Bromus stamineus* subjected to two defoliation frequencies in winter in Argentina. *Grass and Forage Science* 63: 504-512. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2008.00655.x>
- Bruno, J. B. (2023). Frecuencia óptima de defoliación; compromiso entre calidad y productividad en dos gramíneas C4. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires (FAUBA).
- Casal, J. J., Deregibus, V. A. y Sanchez, R. A. (1985). Variation in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. vegetative and reproductive plant as affected by differences in red/far red irradiation. *Annals of Botany* 56: 553-559. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087040>
- Cowan, R. T., Moss, R. J. y Kerr, D. V. (1993). Northern dairy feedbase (2001). 2. Summer feeding systems. *Tropical Grasslands* 27: 150-161.
- D' Ambrogio de Argüeso, A. (1986). Manual de técnicas de histología vegetal. Editorial Hemisferio Sur.
- Detmann, E., Paulino, M. F. y Valadares Filho, S. C. (2008). Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. *Proceedings of 2nd International Symposium on Beef Cattle Production, Viçosa, Brazil*: 21-52.
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., y Walter Robledo, C. (2010). Infostat: software para análisis estadístico (1º Ed). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas.
- Donaghy, D. J. y Fulkerson, W. J. (1997). The importance of water-soluble carbohydrate reserves on regrowth and root growth of *Lolium perenne* L. *Grass and Forage Science* 52: 401-407. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1997.tb02372.x>
- Donaghy, D. J., Turner, L. R. y Adamczewski, K. A. (2008). Effect of defoliation management on water-soluble carbohydrate energy reserves, dry matter yields, and herbage quality of Tall Fescue. *Agronomy Journal* 100 (1): 122- 127. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0016>
- Echenique, V., Pessino, S., Díaz, M., Selva, J. P., Luciani, G., Zappacosta, D. M., Cervigni, G., Meier, M., Garbus, I., Cardone, S., Miranda, R. y Spangenberg, G. (2008). Aportes de la biotecnología al mejoramiento del pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (2): 147-164.

- Ehrlich, W. H., Cowan, R. T. y Lowe, K. F. (2003a). Managing rhodes grass (*Chloris gayana*) cv. Callide to improve diet quality. 1. Effects of age of regrowth, strip grazing and mulching. *Tropical Grasslands* 37 (1): 33-44.
- Ehrlich, W.H., Cowan, R.T. y Lowe, K.F. (2003b). Managing rhodes grass (*Chloris gayana*) cv. Callide to improve diet quality. 2. Effects of stocking rate and irrigation frequency. *Tropical Grasslands* 37 (1): 45-52.
- Elizalde, J. y Riffel, S. L. (2016). Algunas consideraciones sobre la utilización de pasturas megatérmicas. Jornada a campo del IPCVA. Libro de Resúmenes. Cruz del Eje, Córdoba.
- Fernández Pepi, M. G., Ortiz Ochura, A., Zucol, A. F. y Jaurena G. (2016). Degradabilidad *in sacco* de *Festuca arundinacea* Schreb (Poaceae) en ovejas (*Ovis aries*) y llamas (*Lama glama*). *Lilloa* 53 (2): 186-192. <https://www.lillo.org.ar/journals/index.php/lilloa/article/view/109>
- Ferri, C. M., Jouve, V. V. y Sáenz, A. M. (2017). Manejo de la defoliación de mijo perenne (*Panicum coloratum* L. var *coloratum*) cv. Verde. *Phyton* 86: 190-198. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/2199>
- Fulkerson, W. J. y Donaghy, D. J. (2001). Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence-key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian journal of experimental agriculture* 41 (2): 261-275. <https://doi.org/10.1071/EA00062>
- Fulkerson, W. y Slack, K. (1994). Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. *Grass and Forage Science* 49: 373-377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb02013.x>
- Gatti, M. L., Ayala Torales, A. T., Cipriotti, P. A. y Golluscio, R. A. (2013). Leaf and tiller dynamics in two competing C3 grass species: influence of neighbours and nitrogen on morphogenetic traits. *Grass and Forage Science* 68 (1): 151-164. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00881.x>
- Gatti M. L., Ayala Torales, A. T., Cipriotti, P. A. y Golluscio, R. A. (2017). Effects of defoliation frequency and nitrogen fertilization on the production and potential for persistence of *Dactylis glomerata* sown in multispecies swards. *Grass and Forage Science* 72 (3): 489- 501. <https://doi.org/10.1111/gfs.12245>
- Griggs, T. C., MacAdam, J. W., Mayland, H. F. y Burns, J. C. (2007). Temporal and vertical distribution of nonstructural carbohydrate, fiber, protein, and digestibility levels in orchardgrass swards. *Agronomy Journal* 99 (3): 755-763. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0036>
- Grimoldi, A. A., Oesterheld, M. y Cavagnaro, R. (2015). Efectos de la relación entre hongos micorrícicos arbusculares y gramíneas forrajeras bajo defoliación y distinto suministro de fósforo. (Tesis Doctoral), Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/page/biblioteca#section4>

- Hirata, M. y Pakinding, W. (2002). Dynamics in tiller weight and its association with herbage mass and tiller density in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands* 36: 24-32.
- Imaz, J. A., Giménez, D. O., Grimoldi, A. A. y Striker, G. G. (2012). The effects of submergence on anatomical, morphological and biomass allocation responses of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* at seedling stage. *Crop and Pasture Science* 63:1145-1155. <https://doi.org/10.1071/CP12335>
- Jaurena, G. y Danelón, J. L. (2006). Tabla de composición de alimentos para rumiantes de la región pampeana argentina. Editorial Hemisferio Sur.
- Jaurena, G., Fernández Pepi, M. G. y Wawrzkievicz, M. (2023). Herramientas para la evaluación de alimentos para ruminantes. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA* 43 (1): 87-100.
- Kondo, T., Watanabe, T., Ohhita, T. y Kyuma, T. (1998). Physicochemical characteristics of soluble lignin fractions released from forage grasses by ruminant digestion. *Japan Agricultural Research Quarterly - JARQ* 32: 187- 195.
- Leal, K., Ferrando, C. Molina, J., Luján, R. y Avila, R. (2010). Efecto de la frecuencia de corte sobre calidad y porcentaje de hoja de especies introducidas. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (1): 362-363.
- Lemaire, G. (2021). Ecophysiology of grassland: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. En: J.A. Gomide, W.R.S. Mattos, S.C. Silva (Eds.), *Proceedings XIX International Grassland Congress* (pp. 1- 25). São Paulo: IGC Proceedings.
- Lemaire, G. y Agnusdei, M. (2000). Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. En: G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, P.C. de F. Carvalho (Eds.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 265-287). London: CABI Publishing.
- Lemaire, G. y Chapman, D. (1996). Tissue flows in grazed plant communities. En: J. Hodgson, A. W. Illius (Eds.), *The Ecology and Management of Grazing Systems* (pp. 3-35). Wallingford: CAB International.
- Mari, L. J. (2003). Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. fermentação da silagem. Dissertação (mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Matthew, C., Assuero, S. G., Black, C. K. y Sackville Hamilton, N. R. (2000). Tiller dynamics of grazed swards. En: G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger, P.C. de F. Carvalho (Eds.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 127-150). London: CABI Publishing.
- Maurig, M. V. y Bernardis, A. C. (2017). Producción de biomasa de *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandú en dos sistemas silvopastoriles de pino (*Pinus elliottii*) en Corrientes, Argentina. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* 33 (2): 124-135. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000402>

- Ocuppaugh, W. R. y Matches, A. G. (1977). Autumn-Winter Yield and Quality of Tall Fescue. *Agronomy journal* 69 (4): 639-643. <https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900040030x>
- Pariz, C. M., Andreotti, M., Bergamaschine, A. F., Buzetti, S., Costa, N. R. y Cavallini, M. C. (2011). Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho. *Archivos de zootecnia* 60 (232): 1041-1052. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400020>
- Pembleton, K. G., Loww, K. F. y Bahnisch, L. M. (2009). Utilizing leaf number as an indicator for defoliation to restrict stem growth in Rhodes grass (*Chloris gayana*) cv. Callide. *Tropical Grasslands* 43: 79-85.
- Petruzzi, H. J., Strizler, N. P., Adema, E. O., Ferri, C. M. y Pagella, J. H. (2003). Mijo perenne. Publicación Técnica N° 51, EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA.
- Rawnsley, R. P., Donaghy, D. J., Fulkerson, W. J., y Lane, P. A. (2002). Changes in the physiology and feed quality of cooksfoot (*Dactylis glomerata*) during regrowth. *Grass and Forage Science* 57 (3): 203-207. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00318.x>
- Ricci, H. R. (2005). Descripción del comportamiento de 4 forrajeras de gramíneas tropicales a través de variables cuali y cuantitativas. Libro de Resúmenes. Tercera Reunión de Producción vegetal y primera de producción animal del NOA. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán.
- Rodrigues, L. F., dos Santos, A. C., Silveira, O. J. y Donizetti dos Santos, J. G. (2017). Productivity of *Urochloa brizantha* 'Marandu' influenced by strategic rest periods and nitrogen levels. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 38 (5): 3203-3214. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n5p3203>
- Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., De Zonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T. y Eliceiri, K. W. (2017). ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC bioinformatics* 18 (1): 529.
- Ruggieri, A. C., Favoretto, V. y Malheiros, E. B. (1995). Efeito de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição, na composição bromatológica e na digestibilidade "in vitro" da matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf. cv. Marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia* 24 (1): 21-31.
- Sala, O. E. y Austin, A. T. (2000). Methods of estimating aboveground net primary productivity. En: O. E. Sala, R. B. Jackson, H. A. Mooney, R. W. Howarth (Eds.), *Methods in Ecosystem Science*. (pp. 31-43). New York: Springer New York.
- Sbrissia, A. F., Da Silva, S. C., Carvalho, C. A. B., Carnevalli, R. A., Pinto, L. F. M., Fagundes, J. L. y Pedreira, C. G. S. (2001). Tiller size-density compensation in grazed coastcross bermudagrass swards. *Scientia Agricola* 58: 655-665. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400002>

- Sbrissia, A. F., Da Silva, S. C., Matthew, C., de Carvalho, C. A. B., Carnevalli, R. A., de Moura Pinto, L. F., Fagundes, J. L. y Silveira Pedreira, C. G. (2003). Tiller size density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 38: 1459-1468. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001200013>
- Tyrone Clavero, C. (1993). Efecto de la defoliación sobre el crecimiento, área foliar e intercepción de luz en pastos tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 10: 1: 57-67.
- Ugarte, C. (2014). Ecofisiología de plantas forrajeras. Recuperado de http://inta.gob.ar/documentos/ecofisiologia-plantas-/at_multi_download/file/INTA_VyE_NRO27
- van Soest, P. J. (1967). Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of Animal Science* 26 (1): 119-28. <https://doi.org/10.2527/jas1967.261119x>
- van Soest, P. J. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (1º Ed). Cornell University Press.
- van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2º Ed). Cornell University Press.
- Wilson, R. y Hatfield, R. D. (1997). Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: Consequence for fiber degradation rumen microflora. *Australian Journal of Agricultural Research* 48: 16-180. <https://doi.org/10.1071/A96051>
- Wilson, J. R. y Mertens, D. R. (1995) Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science* 35 (1): 251-259. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010046x>
- Zago, C. P. y Gomide, J. A. (1982). Valor nutritivo do capim-colonião, submetido a diferentes intervalos de corte, com e sem adubação de reposição. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 11 (3): 512- 528.