

Morfogénesis, estructura, producción y calidad de *Chloris gayana* Kunth
bajo distintos regímenes de defoliación

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,
Área Producción Animal*

María Soledad Ruolo

Ingeniera Agrónoma - Universidad Nacional de Córdoba - 2010

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria
Manfredi



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Buenos Aires

© Derechos de autor

María Soledad Ruolo

2017

COMITÉ CONSEJERO

Directora de Tesis

Adriana Mabel Rodríguez

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Magister en Recursos Naturales (Universidad de Buenos Aires)

Doctorado en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

Co-director de Tesis

Héctor Eduardo Pérez

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional La Plata)

Magister Scientiae en Producción Animal (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica)

JURADO DE TESIS

JURADO

María Andrea Tomas

Licenciada en Ciencias biológicas (Universidad Nacional del Sur)

Magister en Ciencias Agrarias (Universidad Nacional del Sur)

Ph. D. Rangeland Ecology and Management (Texas A & M University)

JURADO

Gabriel Hugo Rua

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Recursos Naturales (Universidad de Ulm, Alemania)

JURADO

Jorge Gonzalo Irisarri

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Magister en Recursos Naturales (Universidad de Buenos Aires)

Doctorado en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

Fecha de defensa de la tesis: 17 de MAYO de 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por permitir, facilitar y financiar mi capacitación de postgrado.

A la Escuela para Graduados Alberto Soriano por haberme recibido y por su cordialidad.

A Adriana Rodríguez por su amabilidad, dedicación, sugerencias y colaboración.

A Héctor Pérez por su generosidad, apoyo, consejos y aliento.

A mi marido Nicolás por la comprensión, paciencia, apoyo y aliento.

A mis padres Elsa y Pedro por su amor, educación y apoyo incondicional.

A Torcuato Tessi, Horacio Valdez, Carolina Díaz, Daniel Basigalup, Luciana Martínez Calsina, Edith Taleisnik, Silvana Rosas y Matías Demaría por su ayuda y valiosa colaboración.

A Ariel Odorizzi y Valeria Arolfo por su generosidad y buena voluntad.

A Julio Di Rienzo y Guillermo Jewsbury por su tiempo y colaboración.

A Analía Echeverría por su paciencia, aliento y amistad.

A Amanda Cora por sus consejos y amistad.

A mis compañeros del postgrado por el tiempo compartido y el cariño.

A Mercedes y Néstor Wyss por haberme recibido y por su cariño.

DECLARACIÓN

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|------------------------------|----|
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| OBJETIVO GENERAL | 22 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| HIPÓTESIS | 23 |
| GLOSARIO | 24 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |
| RESULTADOS | 36 |
| DISCUSIÓN | 49 |
| CONCLUSIONES GENERALES | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA | 56 |
| APÉNDICE 1 | 66 |
| APÉNDICE 2 | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| RESULTADOS..... | 36 |
| Tabla 3.1. Evolución de la tasa de elongación foliar ($\text{mm macollo}^{-1} \text{GDC}^{-1}$) a través de los sucesivos cortes, en las distintas combinaciones de intensidad y frecuencia de defoliación. | 36 |
| Tabla 3.2. Evolución de la densidad de macollos ($\text{n}^\circ \text{m}^{-2}$) a través de los sucesivos cortes, en las distintas combinaciones de intensidad y frecuencia de defoliación. . | 38 |
| Tabla 3.3. Evolución de la intercepción de la radiación (%) a través de los sucesivos cortes, en las distintas combinaciones de intensidad y frecuencia. | 39 |
| Tabla 3.4. Rendimiento (kg MS ha^{-1}), intercepción de la radiación (%) e índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) alcanzados por los canopeos en el último corte en cada régimen de defoliación. | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| Figura 1.1. Ambientes de adaptación de gramíneas megatérmicas en Córdoba (Valdez 2015). | 12 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |
| Figura 2.1. Suma térmica para las frecuencias 300 y 500 GDC y evolución de la temperatura media diaria dentro del invernadero a lo largo del periodo experimental. | 28 |
| Figura 2.2. Altura del forraje luego de las defoliaciones correspondientes a los distintos tratamientos. | 29 |
| RESULTADOS | 36 |
| Figura 3.1. Evolución del área foliar (cm ² lámina ⁻¹) a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. | 37 |
| Figura 3.2. Evolución del índice de área foliar (m ² m ⁻²) a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. | 39 |
| Figura 3.3. Evolución del rendimiento (kg MS ha ⁻¹) a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. | 40 |
| Figura 3.4. Producción acumulada de forraje (kg MS ha ⁻¹) en cada frecuencia de defoliación. | 41 |
| Figura 3.5. Evolución del porcentaje de hojas verdes a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. | 42 |
| Figura 3.6. Evolución del porcentaje de tallos a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. | 43 |
| Figura 3.7. Proteína bruta (%) al finalizar el experimento para ambas frecuencias de defoliación. | 44 |
| Figura 3.8. Fibra en detergente neutro (%) al finalizar el experimento para ambas frecuencias de defoliación. | 44 |
| Figura 3.9. Digestibilidad de la fibra en detergente neutro (%) al finalizar el experimento para ambas frecuencias de defoliación. | 45 |
| Figura 3.10. Altura de la pastura (cm) previa al corte a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. | 46 |
| Figura 3.11. Relaciones entre el porcentaje de hojas verdes y de tallos, la fibra en detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) y digestibilidad de la fibra en detergente neutro (DFDN). | 47 |
| Figura 3.12. Relaciones entre la densidad, el área foliar, la tasa de elongación foliar (TEF), el índice de área foliar (IAF), interceptación de la radiación (%IR) y el rendimiento por corte. | 48 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | |
|--|----|
| MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |
| Foto 1. Invernadero en la EEA Manfredi..... | 25 |
| Foto 2. Plantines antes del trasplante..... | 26 |
| Foto 3. Trasplante de plantines en macetones..... | 26 |
| Foto 4. Macetones antes del corte de homogeneidad..... | 27 |
| Foto 5. Corte de homogeneidad..... | 27 |
| Foto 6. Macollo marcado con anillo de alambre..... | 29 |
| Foto 7. Marco fijo de muestreo..... | 30 |
| Foto 8. Medición de la altura de la pastura previa al corte..... | 31 |
| Foto 9. Determinación de radiación incidente y bajo el canopeo..... | 31 |
| Foto 10. Submuestras para determinación de materia seca y calidad..... | 32 |
| Foto 11. Componentes del rendimiento previos al secado..... | 33 |
| Foto 12. Determinación de área foliar..... | 33 |

RESUMEN

Morfogénesis, estructura, producción y calidad de *Chloris gayana* Kunth bajo distintos regímenes de defoliación

En las últimas décadas, la expansión agrícola en Argentina generó una reducción de la superficie destinada a la ganadería y su desplazamiento hacia regiones con restricciones ambientales donde las pasturas de especies subtropicales, como *Chloris gayana* Kunth, surgieron como una alternativa para aumentar la producción secundaria en la región semiárida. Sin embargo, hay escasa información sobre qué régimen de pastoreo permitiría maximizar su producción y valor nutritivo sin perjudicar su perennidad. El objetivo de esta tesis fue evaluar bajo corte el efecto de distintos regímenes de defoliación sobre la morfogénesis, estructura, producción y calidad de *Chloris gayana* Kunth. Se diseñaron tratamientos con el fin de generar cuatro regímenes contrastantes de defoliación en cortes sucesivos y a través de la combinación de dos frecuencias (300 y 500 GDC) y dos intensidades (1 y 3 hojas remanentes) de corte. El experimento abarcó 1500 GDC y se efectuó bajo condiciones semicontroladas en el INTA EEA Manfredi, Córdoba. La frecuencia de defoliación tuvo un efecto más determinante que la intensidad. Las pasturas defoliadas con mayor frecuencia presentaron menores tasa de elongación foliar, índice de área foliar y radiación interceptada en comparación a los tratamientos menos frecuentes. El área foliar y la densidad de macollos no evidenciaron diferencias al finalizar el período. Si bien los regímenes de mayor frecuencia mostraron menores rendimientos por corte y acumulado, permitieron lograr pasturas más foliosas y de mejor calidad. El rebrote primaveral en términos de densidad de macollos no difirió entre regímenes. Así, la mejor frecuencia de defoliación dependerá del objetivo del sistema productivo. Si se requiere priorizar cantidad de forraje, será recomendable cortar cada 500 GDC (85 cm de altura de la pastura); en caso contrario, si se requiere priorizar calidad, las defoliaciones deberían realizarse cada 300 GDC (53 cm de altura).

Palabras clave: Grama Rhodes, manejo, frecuencia, intensidad, ecofisiología, morfología, rendimiento, valor nutricional.

ABSTRACT

Chloris gayana Kunth morphogenesis, sward structure, production and nutritional quality under different defoliation regimes

Livestock area was reduced and displaced to more environmentally restricted regions due to agricultural expansion during the last decades in Argentina. Subtropical pastures, as *Chloris gayana* Kunth, constitute an acceptable alternative to increase animal production in the semiarid region. However, there is little information about how to maximize forage yield and quality under grazing without adversely affect persistence. The aim of this study was to evaluate under cutting conditions the effect of different defoliation regimes for *Chloris gayana* Kunth on morphogenesis, sward structure, production and nutritional quality. Combination of two defoliation frequencies (300 and 500 GDD) and two defoliation intensities (1 and 3 remaining leaves) defined four contrasting regimes. The experiment comprised 1500 GDD and was conducted at INTA Manfredi under partially controlled conditions. Defoliation frequency had a greater effect on the evaluated traits than defoliation intensity. More frequent defoliation showed lower values of leaf elongation rate, leaf area index and radiation interception compared to less frequent regimes. Tiller density and leaf area were not affected. Although pastures under more frequent defoliation presented less biomass in individual cuts as well as cumulative yield, they showed more leaves and better nutritional quality. There were no significant differences in the spring regrowth for tiller density among treatments. The best frequency of defoliation to use will depend on the target of the productive system: a frequency of 500 GDD (85 cm height) will provide more quantity than forage quality compared to 300 GDD (53 cm height), and vice versa.

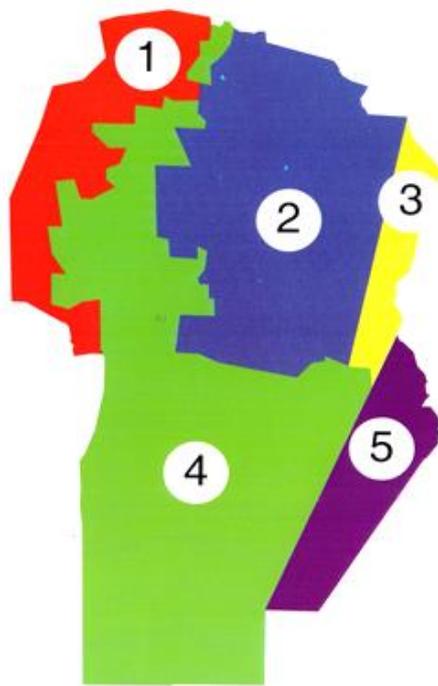
Key words: Rhodes Grass, frequency, intensity, ecophysiology, morphology, yield, forage quality

INTRODUCCIÓN

La expansión agrícola en Argentina en las últimas dos décadas generó una reducción de la superficie ganadera y un desplazamiento de esta actividad hacia regiones con restricciones ambientales, que en su mayoría presentan climas áridos-semiáridos y/o suelos con diversas limitantes (Valdez 2013; Rearte 2010). El Chaco Occidental abarca aproximadamente 36 millones de hectáreas en el centro-norte de Argentina y se caracteriza por presentar un mosaico de bosques xerofíticos, matorrales, sabanas y pastizales, con precipitaciones anuales entre 450 y 750 mm (Bucher y Saravia Toledo 2001). El 80 % de las mismas ocurren entre noviembre y marzo, y la mayor parte de la región muestra un balance hídrico deficitario en todos los meses del año (De León 2004). Estas condiciones ecológicas limitan la productividad de los pastizales, que bajo un manejo adecuado del pastoreo pueden alcanzar 2600-3500 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ (Rossi 2010). Agravando esta situación, estos recursos han sido sometidos a pastoreo continuo o sobrepastoreo provocando la pérdida de carbono orgánico de sus suelos, la degradación de la vegetación (Abril y Bucher 2001) y la reducción de su productividad a 600-1000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, así como también de su calidad (Rossi 2010). En esta región la principal actividad productiva en las zonas de secano es la cría y recría de ganado bovino y caprino sobre pastizales y, en menor medida, sobre pasturas cultivadas (De León 2004), con una producción secundaria baja (5-15 kg carne ha⁻¹ año⁻¹ y 57 % destete promedio en la región). Como consecuencia del desplazamiento de la ganadería hacia zonas extrapampeanas y a la intensificación de la actividad ganadera, la superficie sembrada con pasturas megatérmicas en Argentina se ha incrementado marcadamente en los últimos años (Jauregui *et al.* 2012). La introducción de pasturas compuestas por gramíneas megatérmicas ha permitido mejorar la base forrajera en cantidad y calidad (Elizalde y Riffel 2016; De León 2004). A su vez, esta mejora en la base forrajera trajo aparejado la evolución de los sistemas ganaderos hacia esquemas de ciclo completo (Toranzos 2003), lo cual impacta directa y positivamente sobre la carga y producción animal por hectárea (Rearte 2007).

Algunas especies forrajeras subtropicales constituyen una alternativa para aumentar la producción animal ya que presentan el potencial de producir altos volúmenes de materia seca (Tomás *et al.* 2013; Da Silva 2004; Fumagalli y Cornacchione 2001) incluso en ambientes con restricciones abióticas como baja disponibilidad hídrica y bajas temperaturas (Humphreys 1981), dependiendo de la especie y/o cultivar. Las máximas tasas de crecimiento de las pasturas subtropicales ocurren con temperaturas diurnas entre 29-35 °C y nocturnas de 26-30 °C (Ivory y Whiteman 1978).

Las gramíneas perennes megatérmicas son un recurso importante para la ganadería de la región semiárida, tanto como forraje verde en primavera-verano, como diferido en invierno (Juan *et al.* 2012). *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs, *Panicum coloratum* L., *Cenchrus ciliaris* L., *Chloris gayana* Kunth, *Digitaria eriantha* Steud. y *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster son las principales especies C₄ adaptadas a la región semiárida argentina (De León 2004). En el norte de la provincia de Córdoba las forrajeras megatérmicas registran una producción primavero-estivo-otoñal promedio de 4600 a 6700 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ entre las isohietas de 600 mm y 800 mm respectivamente (De León 1998). Valdez (2015) diseñó un mapa identificando los ambientes de adaptación de gramíneas megatérmicas en la provincia de Córdoba, en función a temperaturas y humedad principalmente (Fig. 1.1).



| ZONA | ESPECIES | CULTIVAR |
|-----------------------|--|--|
| 1- Árido cálido | <i>Cenchrus ciliaris</i> L. | Texas |
| | <i>Antephora pubescens</i> Nees | |
| 2- Semiárido cálido | <i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs | Gatton Panic |
| | <i>Cenchrus ciliaris</i> L. | Texas, Molopo, Biloela |
| | <i>Panicum coloratum</i> L. | Klein Verde, Bambatsi |
| 3- Subhúmedo cálido | <i>Chloris gayana</i> Kunth | Pioneer, Finecut, Topcut, Katambora, Callide |
| | <i>Chloris gayana</i> Kunth | Pioneer, Katambora |
| 4- Semiárido templado | <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster | |
| | <i>Eragrostis curvula</i> (Schard.) Nees | Ermelo |
| | <i>Panicum coloratum</i> L. | Klein Verde |
| | <i>Digitaria eriantha</i> Steud. | Digigrass |
| 5- Subhúmedo templado | <i>Antephora pubescens</i> Nees | |
| | <i>Panicum coloratum</i> L. | Klein Verde |
| | <i>Chloris gayana</i> Kunth | Pioneer, Katambora |

Figura 1.1. Ambientes de adaptación de gramíneas megatérmicas en Córdoba (adaptado de Valdez 2015).

Una de las especies subtropicales de mayor importancia regional es la Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth). Esta especie es una hierba perenne perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Chloridoideae, originaria de África tropical y subtropical (Bogdan 1969). También se encuentra en el sur de Asia, Australia y en América desde el sur de Estados Unidos hasta Uruguay y Argentina. Particularmente en Sud América, es cultivada y está naturalizada ampliamente en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile (Isla de Pascua), Colombia, Paraguay y Uruguay. En Argentina, fue introducida inicialmente en Tucumán y actualmente presenta una amplia distribución en el país, siendo utilizada en Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Misiones, Salta, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe y Tucumán (Sitio Flora Argentina), debido a su gran adaptación tanto a climas subtropicales como templados, sean estos semiáridos o subhúmedos (Martín 2010). Habita desde el nivel del mar hasta los 3500 m.s.n.m. y crece en suelos altos, franco-limosos, salinos, arcillosos, fértiles o áridos, pesado y/o hidromórficos. Esta especie presenta formas diploides y tetraploides, que pueden diferir en hábitos de crecimiento, momento de floración, producción de semillas, producción de materia seca, calidad y tolerancia a la sequía, heladas y salinidad (Pérez 2005). Los cultivares más difundidos y estudiados son Pioneer, Katambora, Finecut, Topcut y Reclaimer dentro de los diploides, y Callide dentro de los tetraploides. Épica INTA-Pemán es un cultivar tetraploide derivado de Boma (originario de Kenya) que fue desarrollado hace diez años (Pérez *et al.* 2009). Presenta porte alto y se distingue por formar una gran cantidad de estolones logrando rápida cobertura del suelo, incluso en condiciones de salinidad, los cuales contribuyen en la persistencia de la pastura. A diferencia de los cultivares diploides, su tolerancia a sequía y frío es menor. En Argentina se adapta a los ambientes de Formosa, Chaco, este de Salta y Jujuy, noreste de Tucumán, Santiago del Estero, Misiones, Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe. Al ser tetraploide, presenta respuesta fotoperiódica a días cortos, florece a fines de marzo o abril de acuerdo a la latitud. Al pasar al estadio reproductivo más tardíamente, su valor nutricional es mayor y su

período de utilización se prolonga. Por otra parte, su productividad primaria neta aérea es también superior a la de los cultivares diploides (Pérez *et al.* 2009), alcanzando 8 a 10 tn MS ha⁻¹ año⁻¹. Presenta buena aptitud para conformar mezclas forrajeras con otras especies. Si bien se adapta a suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillosos, salinos y salino-sódicos, requiere suelos de buena fertilidad. La época de siembra es en primavera y verano, a razón de 6 – 8 kg de semillas ha⁻¹. Respecto de las precipitaciones, presenta buenos rendimientos en ambientes con lluvias anuales entre 750-1500 mm (Oscar Pemán & Asoc. S.A.). En ensayos en suelos salinos de Santiago del Estero se observaron producciones de este cultivar de aproximadamente 6000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ bajo pastoreo frecuente y de 10000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ acumulados en todo el período de crecimiento (Cornacchione *et al.* 2007). Tomás *et al.* (2013), en cuatro campañas desde 2009 a 2013, obtuvieron una producción acumulada promedio correspondiente a todo el ciclo de crecimiento de *Chloris gayana* Kunth cv. Épica de 5208 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ en Rafaela, Pcia. de Santa Fe. Estas características productivas han fomentado la adopción de este cultivar en las regiones mencionadas, sin embargo son escasos los estudios que evalúan el régimen de pastoreo (frecuencia e intensidad de defoliación) que permita maximizar su aprovechamiento en cantidad y calidad, sin perjudicar su perennidad.

Las especies subtropicales, debido en parte a su mecanismo fotosintético C₄, crecen a una tasa mayor que las C₃ (Batistoti *et al.* 2012), por lo que el pasaje al estadio reproductivo y la consiguiente elongación de tallos ocurren rápidamente. Además, al presentar un metabolismo fotosintético C₄ presentan una menor calidad nutricional en relación a las especies templadas (C₃), pero estas últimas no se adaptan a climas subtropicales. Las variaciones en la calidad nutricional que ocurren durante el crecimiento de una gramínea se deben fundamentalmente a la acumulación de tejidos de sostén (Mertens 1993) y a cambios en la organización interna de la pared celular, es decir cambios en la composición química de la fibra, lo cual hace que el forraje se torne menos digestible (Wilson 1994). Los tejidos de sostén de las gramíneas megatérmicas poseen una pared secundaria muy desarrollada, formando un complejo entramado de estructuras físicas (Wilson 1997) y/o químicas (Buxton y Redfearn 1997) que impiden el ataque de los microorganismos ruminales. Esto constituye la fibra detergente neutro indigestible (FDNi) la cual se asocia a la digestibilidad de la materia seca (DMS) (Groot y Neuteboom 1997), mientras que la digestibilidad de la fibra en detergente neutro (DFDN) se asocia al consumo voluntario y la producción animal, en mayor medida que la DMS (Oba y Allen 1999). Como se ha señalado, específicamente en las pasturas subtropicales la calidad se deteriora rápidamente, limitando la producción de los animales en pastoreo (Ehrlich *et al.* 2003). En este sentido, este proceso de pérdida de calidad a lo largo del ciclo de crecimiento puede ser morigerado mediante regímenes de defoliación adecuados (De León 2008).

Un régimen de defoliación está dado por la frecuencia y la intensidad. La primera hace referencia a la inversa del intervalo entre defoliación y representa el período de tiempo promedio entre dos defoliaciones sucesivas sobre el mismo macollo u hoja. En cuanto a la intensidad, se expresa como la relación entre la longitud del tejido removido durante el pastoreo en un evento de defoliación, y la longitud del tejido antes de la defoliación, corregido, cuando resulta necesario, por variaciones en el peso por unidad de longitud (Parsons *et al.* 1988).

Briske (1986) expresó que existen dos tipos de respuesta a la defoliación a nivel de planta individual. Una es la aclimatación fisiológica de corto plazo a la restricción en el suministro de carbohidratos para el crecimiento debido a la remoción del tejido fotosintético. La otra respuesta es de largo plazo y consiste en una adaptación morfológica, como mecanismo de evasión para reducir la probabilidad de defoliación,

confiriéndole resistencia al pastoreo. En concordancia, Chapman y Lemaire (1993) establecieron que cuando ocurre un desbalance entre la oferta y demanda de carbohidratos debido a la defoliación, se genera una cadena de respuestas fisiológicas para recuperar la homeostasis. Estas respuestas son de corto plazo y pueden mantener exitosamente el balance siempre que el disturbio también se presente por un corto plazo, como ser el caso de una defoliación poco frecuente o poco intensa, de modo que las plantas sean capaces de restablecer su tasa de suministro original de carbohidratos y sus patrones de crecimiento antes que ocurra la próxima defoliación. Sin embargo, si la defoliación es muy intensa o muy frecuente, posiblemente ocurran cambios significativos en el funcionamiento de la planta, generándose respuestas a largo plazo en la morfología para mantener la homeostasis.

Una gramínea en estado vegetativo produce tejido foliar secuencialmente a través de una cadena de fitómeros a nivel de macollo individual, cada uno siguiendo una serie de etapas preprogramadas de desarrollo, desde la iniciación de primordios en el meristema hasta el tamaño final de hoja madura y la senescencia (Silsbury 1970). Los meristemas apicales e intercalares de las monocotiledóneas son menos vulnerables a los grandes herbívoros debido a su ubicación basal en la planta, lo cual le otorga mayor resistencia al pastoreo en relación a las dicotiledóneas (Briske 1991). En las gramíneas, el proceso de refoliación consiste en una continua actividad meristemática que comienza antes de la defoliación y solo es apenas disturbada temporariamente por la misma, lo que les otorga una ventaja competitiva (Lemaire 2001). Luego de una defoliación el crecimiento ocurre más rápidamente a partir de meristemas intercalares, seguido de primordios foliares recientemente desarrollados (meristemas apicales) y por último de yemas axilares. Estos son mecanismos morfológicos de tolerancia al pastoreo (Briske 1986).

Resulta fundamental conocer, en la planta forrajera, su morfología, fisiología y, principalmente, la manera en que interactúa con el medio ambiente, de modo de manejar eficientemente las pasturas, procurando maximizar la producción y utilización del forraje, y mantener su estabilidad a lo largo del tiempo (De Moura Zanine *et al.* 2005). El conocimiento de las variables morfogenéticas y cómo las mismas son afectadas por las condiciones del ambiente permite deducir los manejos más adecuados para cada genotipo (Saldanha *et al.* 2013).

La morfogénesis puede ser definida como la dinámica de generación y expansión de la planta en el espacio. Se describe en términos de tasa de aparición de nuevos órganos (organogénesis), tasa de expansión (crecimiento), y tasa de senescencia y descomposición. En una pastura en estado vegetativo, la morfogénesis es función de tres características a nivel de individuo: tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF) y vida media foliar (VMF). Éstas se encuentran determinadas genéticamente pero también están influenciadas por variables ambientales, principalmente temperatura, luz, disponibilidad de nitrógeno y agua del suelo, que modifican la tasa a la que ocurren los procesos. La combinación de las variables morfogenéticas determinará las características estructurales de la pastura: tamaño de hojas, densidad de macollos y hojas verdes por macollo, las cuales, en conjunto definen el índice de área foliar (superficie de lámina verde por superficie de suelo). Éste es el principal factor que determina la intercepción de luz y por ende la dinámica de rebrote (Chapman y Lemaire 1993). Otros autores también sugirieron que el grado de modificación de la estructura del macollo depende de las condiciones de crecimiento, fundamentalmente de la temperatura (Duru y Ducrocq 2000; Duru *et al.* 1993; Vine 1983).

Nascimento Jr. y Adese (2004) establecieron que la morfogénesis surgió como una herramienta valiosa para definir un mejor momento de ingreso de los animales, duración del período de descanso de pastura y la intensidad de defoliación. Las evidencias actuales indican que tanto las respuestas de las pasturas templadas como las de clima tropical o subtropical siguen patrones análogos sujetos a variaciones en la estructura del canopeo (De Moura Zanine *et al.* 2005).

Con respecto a las variables morfogenéticas, el filocrono es el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas fuera del tubo de vainas, y su inversa es la tasa de aparición foliar (Klepper *et al.* 1982). Wilhelm y McMaster (1995) establecieron que el filocrono está determinado tanto por la genética como por factores ambientales como la temperatura, agua y fotoperíodo, y que se asocia más fuertemente a la suma térmica que al tiempo cronológico. Duru y Ducroqc (2000), al igual que Dale (1982), indicaron que además de la temperatura, otros factores como la radiación y el fotoperíodo también tienen influencia. Chapman y Lemaire (1993) postularon que una tasa de aparición de hojas relativamente constante puede ser estimada para cada especie en función de los grados días, considerando de este modo a las sumas térmicas como uno de los parámetros para el manejo de las pasturas ya que variaciones interespecíficas de la TAF afectan la estructura de la pastura. La TAF juega un rol importante en la adaptación morfológica de la planta a la defoliación. Cualquier modificación de esta variable debido a cambios en la temperatura o calidad de la luz, tendrá un efecto sobre el tamaño foliar, número de hojas por macollo y densidad.

La TAF a nivel de hoja individual tiende a disminuir durante el rebrote luego de una defoliación, posiblemente debido a las crecientes longitudes de la vaina foliar de hojas sucesivas, lo cual demoraría la aparición de la nueva lámina. Por lo tanto, la longitud de la lámina y la TAF, dependen tanto de la longitud de la vaina, como de la tasa de crecimiento foliar (Duru y Ducroqc 2000; Skinner y Nelson 1995). Ante esta situación, cualquier defoliación que reduzca el largo del tubo de vainas, evitará los incrementos en la longitud de la lámina. Si esa defoliación se repite frecuentemente todas las hojas que se produzcan serán cortas (Lemaire 2001). De esta manera, la TAF de pasturas mantenidas con un bajo índice de área foliar debido a un pastoreo continuo (defoliación frecuente) es mayor que bajo pastoreo intermitente o poco frecuente (Lemaire y Chapman 1996). Lemaire y Agnusdei (2000) establecieron que el filocrono de *Paspalum dilatatum* Poir. y de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. aumentó en pasturas mantenidas a un IAF elevado.

Por su parte, la vida media foliar se ve afectada por la temperatura, de forma similar que la TAF, y determina el máximo número de hojas vivas que puede sostener un macollo (Nascimento Jr. y Adese 2004; Lemaire y Agnusdei 2000). Se ha estudiado que *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut (diploide) presenta una VMF de 320 ± 13 GDC (Agnusdei *et al.* 2009). A partir de la vida foliar o del número de hojas verdes y de la TAF, se puede definir el período de descanso, el cual representa el tiempo durante el cual, luego de una defoliación completa, los tejidos verdes foliares se acumulan en un macollo adulto sin pérdidas por senescencia (Nascimento Jr. y Adese 2004). La VMF utilizada como criterio para definir el inicio de la defoliación, generó un incremento en la acumulación neta de materia seca, la persistencia y la calidad nutricional de *Lolium perenne* L. (Fulkerson y Donaghy 2001). Al cumplirse la vida media foliar se alcanza la máxima biomasa de tejido verde por macollo y, salvo que aumente la densidad de macollos, a partir de este momento no habrá incremento en la acumulación de tejido verde (Lemaire y Agnusdei 2000). A su vez, la eficiencia de cosecha del forraje está asociada a la relación entre la frecuencia de defoliación y la vida media foliar (Lemaire *et al.* 2009; Lemaire y Chapman 1996).

La tasa de elongación foliar (TEF) tiene dos componentes, el tamaño de la zona de elongación (ubicada en la base de la hoja en expansión localizada dentro del tubo de vainas) y la tasa de crecimiento relativa de cada segmento. Estos factores están determinados genéticamente pero pueden ser afectados por el ambiente (Skinner y Nelson 1995). La TEF responde a cambios de temperatura en el ápice caulinar (Stoddart *et al.* 1986) y, además, depende del suministro de nitrógeno (Cruz y Boval 2000; Gastal y Nelson 1994). La TEF promedio de una población de hojas responde inmediatamente a cualquier cambio en la temperatura, por lo tanto el flujo de producción de hojas copia exactamente las variaciones estacionales de la temperatura. En pastos C₃, la TEF tiene una respuesta lineal entre 12 y 22° C, lo cual genera que el tamaño foliar aumente a medida que se eleva la temperatura. En un rango de temperaturas medias diarias entre 12 y 20° C, la respuesta de la TEF a la temperatura es aproximadamente exponencial en especies C₄. Trabajos previos sugieren que no hay una relación aparente entre la vía metabólica (C₃ o C₄) y la TEF de las especies (Lemaire y Agnusdei 2000). Lemaire (2001) afirmó que el sombreado (baja relación rojo:rojo lejano) generado por un índice de área foliar elevado induciría a un aumento de la TEF. Respecto de la intensidad de defoliación, Davies (1974) indicó que en *Lolium perenne* L. la TEF no suele modificarse ante defoliaciones poco intensas (remoción de 2 o 3 hojas verdes/macollo), pero puede disminuir entre un 15-20 % ante la remoción de todas las hojas.

Con respecto a las características estructurales, el tamaño foliar depende de la relación entre la TEF y la TAF (Chapman y Lemaire 1993; Dale 1982). Sin embargo, estas variables no lo afectan de igual forma ya que la relación es positiva con la tasa de elongación (Nelson *et al.* 1977) y negativa con la tasa de aparición de hojas (Cooper y Edwards 1961). En gramíneas, el área foliar está determinada por el largo y el ancho, aunque las variaciones del área están afectadas especialmente por cambios en la longitud foliar (Nelson *et al.* 1977) y por lo general se asume una relación constante entre área de hoja/longitud de hoja para un genotipo determinado (Lemaire y Chapman 1996). La primera hoja producida luego de la defoliación es pequeña, y las sucesivas van aumentando de tamaño hasta alcanzar el equilibrio original. Si la frecuencia de pastoreo se incrementa, el tiempo de rebrote no es suficiente para una recuperación total de las hojas y el tamaño alcanzado disminuye hasta que se logra un nuevo equilibrio (Carlson 1966). El tamaño potencial de la lámina de gramíneas es una característica determinada genéticamente, sin embargo, debido a su alta plasticidad morfológica puede modificarse mediante prácticas de manejo (Lemaire y Chapman 1996). Por ende, la defoliación, a través de la modificación del largo del tubo de vainas, es una herramienta de manejo que permitiría modificar el tamaño de las láminas y con ello la calidad del forraje (Avila *et al.* 2012). Pasturas sometidas a pastoreo severo o defoliación frecuente, presentaron láminas y vainas más cortas, y valores más altos de digestibilidad, respecto a pasturas manejadas con una defoliación menos frecuente o un pastoreo liviano (Duru y Ducrocq 2002; Duru *et al.* 1999).

En cuanto a la densidad de macollos, se encuentra parcialmente relacionada a la TAF, que determina el número potencial de sitios de aparición de macollos o *site filling* (Davies 1974). Especies con alta TAF tienden a producir un gran número de hojas cortas por macollo y una alta densidad de macollos, conduciendo a una pastura con estructura densa y corta, y viceversa (Lemaire y Agnusdei 2000; Chapman y Lemaire 1996). Los macollos de las gramíneas están sujetos al fenómeno denominado “compensación tamaño/densidad”, observándose una menor densidad poblacional de macollos grandes bajo regímenes de defoliación de baja intensidad y frecuencia (Birchman y Hodgson 1983). De este modo, ante una defoliación intensa, la reducción

en el tamaño de los macollos va acompañada por un incremento en el número (Matthew *et al.* 1999). Este mecanismo constituye una respuesta adaptativa de las pasturas que tiende a amortiguar el impacto del pastoreo sobre la producción de forraje dentro de un rango variable de condiciones de manejo, dependiendo del ambiente y del genotipo (Bircham y Hodgson 1983). El fenómeno de compensación tamaño/densidad ha sido observado en especies subtropicales del género *Paspalum* y *Cynodon* (Sbrissia *et al.* 2003; Hirata y Pakiding 2002; Sbrissia *et al.* 2001). Martínez Calsina *et al.* (2012) evaluaron pasturas de *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut bajo cuatro tratamientos que combinaron dos frecuencias de defoliación (80 y 100 % de intercepción lumínica) y dos intensidades (0,6 y 1,75 de IAF remanente), y luego de cuatro meses, en los tres tratamientos menos severos se verificó la compensación tamaño/densidad de macollos. La consecuencia práctica de los cambios compensatorios entre tamaño y densidad de macollos en respuesta al manejo de la defoliación, es una cantidad relativamente estable de producción de hojas total por unidad de área (Sbrissia *et al.* 2001).

Considerando las características estructurales que determinan el IAF, la densidad de macollos es el factor que ofrece la mayor flexibilidad de ajustarse a distintos regímenes de manejo. Por ejemplo, en pasturas sometidas a un pastoreo intenso el IAF se optimiza a través de una alta densidad de pequeños macollos, mientras que en pastoreo suaves mediante una baja densidad de macollos pesados (Matthew *et al.* 2000). En concordancia, Nelson (2000) estableció que las gramíneas presentan una sobreoferta de yemas axilares y de macollos, lo cual les permite el ajuste ante diversas condiciones ambientales y de manejo, constituyéndose el macollaje en una respuesta oportunista a fluctuaciones en calidad e intensidad de luz para mantener su crecimiento y competitividad. Consecuentemente, el incremento o disminución en la densidad de macollos no sería un indicador preciso del vigor de la pastura en sí mismo (Matthew *et al.* 1995). No obstante, en pasturas perennes, una alta tasa de macollaje mejora sus probabilidades de persistencia ante condiciones ambientales desfavorables ya que la producción de macollos es un factor clave en la resistencia de las pasturas al deterioro por la edad (Lafarge y Loiseau 2002).

La densidad de macollos en pasturas bajo pastoreo es función del equilibrio entre la tasa de aparición de macollos y la tasa de muerte de los mismos. Ese equilibrio depende del régimen de defoliación, que determina la evolución del IAF. Una causa importante de mortandad es la remoción de los ápices en el pastoreo, lo cual es más probable en etapas reproductivas cuando la elongación de entrenudos expone al ápice a una mayor distancia del suelo. Otra causa de muerte es la falta de carbono en pasturas densas debido a una competencia por luz (Lemaire y Chapman 1996). La tasa de macollaje está determinada tanto por el filocrono como por la tasa a la cual una yema se desarrolla en macollo. En plantas espaciadas, el macollaje depende principalmente del filocrono, mientras que en pasturas densas, donde disminuye la relación rojo:rojo lejano (R:RL), se reduce el macollaje debido a un retraso en el desarrollo de yemas en macollos, sin que haya cambios en el filocrono (Gautier *et al.* 1999). Davies *et al.* (1983) demostraron que ante condiciones de sombreado, una mayor cantidad de materia seca se destina al crecimiento de macollos existentes y una menor al desarrollo de macollos nuevos. Tanto la intensidad como la calidad de luz tienen un rol en el cese del macollaje y el inicio de la muerte de macollos en canopeos densos (Agnusdei 2013; Assuero y Tognetti 2010). La defoliación altera la calidad de la luz dentro del canopeo, pudiendo modificar algunas variables morfogénicas como la TEF y la tasa de macollaje y, por ende, pueden afectarse algunas características estructurales como la densidad y el tamaño de macollos (Deregibus *et al.* 1983). Casal *et al.* (1990) establecieron que la respuesta en el macollaje ocurre antes que una competencia intensa

intraespecífica ocurra en canopeos densos de *Lolium multiflorum* Lam. Lauer y Simmons (1989) estudiaron la mortandad de macollos en *Hordeum vulgare* L. en relación al sombreado, y concluyeron que la falta de luz no fue la principal causante, sino los cambios en la calidad de la misma. En trigo no se encontró correlación entre la radiación disponible para cada macollo y el inicio de la muerte de los mismos. En cambio, sí se relacionaba estrechamente con la relación R:RL en la base del canopeo (Sparkes *et al.* 2006).

En cuanto al número de hojas verdes por macollo, como se mencionó, es función de la VMF y de la TAF (Chapman y Lemaire 1993). El número de hojas vivas por macollo es aproximadamente constante, siendo alrededor de 3 para *Lolium perenne* L. (Davies 1988). Briske (1996) estableció que la relación entre la tasa de iniciación foliar y la de senescencia mantiene un número de hojas vivas por macollo relativamente constante.

El índice de área foliar, como se ha señalado, resulta de la combinación de tres variables estructurales, razón por la cual los factores que inciden sobre éstas también ejercerán su acción sobre el IAF.

Otra variable muy relacionada al índice de área foliar es la radiación interceptada, que resulta de la multiplicación de la radiación incidente por la eficiencia de intercepción. Esta última depende del IAF, el ángulo de inserción de la lámina, las propiedades de transmisión de la luz a través de las mismas y las características de la radiación solar tales como la relación entre luz directa y luz difusa, y el ángulo de radiación incidente (Lemaire y Chapman 1996). Un IAF óptimo (crítico) para manejar la pastura se ha definido como aquel en que el 95 % de la radiación es interceptada por el canopeo (Lemaire y Chapman 1996; Davies 1988). No obstante, las pasturas erectófilas tendrán un IAF óptimo mayor a las planófilas. Las especies con rápidas tasas de desarrollo del área foliar alcanzan el IAF crítico más rápidamente que aquellas con bajas tasas (Wilhelm y Nelson 1978). Luego de alcanzado el valor crítico, el IAF continúa aumentando, pero tales incrementos no determinan un aumento en la radiación interceptada (IR), ni aumentos en la tasa de crecimiento (Davies 1971).

Hodgson *et al.* (1977) consideraron que existen otras características estructurales, como ser la proporción de láminas y tallos, o la densidad aparente de hojas, que tienen una influencia pequeña sobre el índice de área foliar (IAF), pero son importantes para tomar decisiones de manejo y a los fines de comprender mejor la interacción planta-animal. Desde el punto de vista del animal, el consumo diario de materia seca es la variable que tiene mayor impacto en la producción de rumiantes (Poppi *et al.* 1994). La estructura de la pastura puede afectar el consumo a través de limitaciones ingestivas, de selectividad y así de restricciones digestivas (Benvenuti y Cangiano 2011). Asimismo, las pasturas con alta densidad de hojas favorecen el consumo diario de los animales en pastoreo debido a que este tipo de estructura permite un proceso ágil de cosecha, manipulación y digestión del forraje ingerido (Wade y Agnusdei 2002).

Los dos componentes del rendimiento de las pasturas, hojas y tallos, en pastos subtropicales presentan calidad notoriamente diferente. La calidad de las hojas es superior a la de los tallos, promoviendo su selección por parte de los animales. Los tallos, de menor calidad, pueden producir una restricción física al consumo de materia seca, como así también dificultar el acceso a las hojas (Cowan *et al.* 1993).

Es ampliamente conocido que un animal pastoreando selecciona no sólo diferentes especies, sino también las partes más foliosas de esas plantas (Theurer 1969). Stobbs (1973b) postuló que la aprehensión de grandes bocados es más difícil en pasturas tropicales que en las templadas debido a la menor densidad aparente de la

pastura (un rango de 14-98 kg ha⁻¹ por cm de altura) y una mayor proporción de tallos en pasturas maduras. Cuando el rendimiento de una pastura es bajo, los animales muestran dificultades en la obtención de bocados lo suficientemente grandes para alcanzar el consumo de forraje máximo (Stobbs 1973a), y a su vez, cuando el ganado ingiere pasturas maduras con alta disponibilidad tienen dificultad en consumir suficiente alimento para satisfacer sus requerimientos nutricionales ya que el tiempo de pastoreo en esos canopeos se torna excesivamente prolongado (Stobbs 1970). Stobbs (1973b) estableció que existe un estadio óptimo de crecimiento para cada especie que permite la aprehensión de bocados amplios, y que los principales factores que influyeron sobre el tamaño de bocado bajo pastoreo fueron la densidad del canopeo, la baja presencia de tallos y una elevada relación disponibilidad de hojas altura⁻¹.

La frecuencia e intensidad de pastoreo, como ya fuera mencionado, afecta la fisiología de las plantas y por ende la tasa a la cual nuevo tejido foliar es producido (Lemaire *et al.* 2009). De Oliveira Bueno (2003) evaluó las características estructurales, la calidad y la productividad de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs cv. Mombaça sometido a tratamientos que combinaron dos intensidades (30 y 50 cm de altura de remanente) y dos frecuencias de pastoreo (95 y 100 % de intercepción lumínica). La autora concluyó que la intensidad de pastoreo produjo un efecto más determinante que la frecuencia sobre la producción de forraje, y que el control de la estructura del canopeo y su valor nutritivo fueron mejores bajo la condición de 95 % de IL y 30 cm de remanente. Ensayos de pastoreo rotativo sobre *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs cv. Tanzania, llevados a cabo por Zanine *et al.* (2011), combinaron dos frecuencias de pastoreo: 90 y 95 % de intercepción de la radiación, como condición pre-pastoreo, y dos alturas: 30 y 50 cm, como condición post-pastoreo. Los resultados mostraron que en la mayoría de las épocas del año, el pastoreo más intenso resultó en una mayor masa de forraje en pre-pastoreo, lo cual fue consecuencia del mayor número de macollos en las pasturas manejadas con un remanente más bajo. Estos autores también afirmaron que la altura de la pastura tuvo correspondencia con la intercepción de la radiación en la condición pre-pastoreo, pero como esta última es una variable de difícil monitoreo y evaluación, consideraron que es más sencillo emplear a la altura como parámetro de manejo. La altura de la pastura, a través de su influencia en el comportamiento ingestivo, es un factor importante en la productividad de rumiantes en pastoreo (Hodgson 1986). Sin embargo, la altura de la pastura es unidimensional, mientras que los bocados son tomados en tres dimensiones. Por ello, no sería recomendable utilizar a la altura como único factor determinante de las decisiones a campo. Tanto los bocados como el consumo deben, por consiguiente, estar funcionalmente relacionados con la estructura espacial de la pastura (Benvenuti y Cangiano 2011).

En pasturas templadas, una baja frecuencia de defoliación produce mayor cantidad de forraje disponible en relación a frecuencias que permitan breves períodos de rebrote. Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad, ante defoliaciones poco frecuentes, el avance de la madurez implica una disminución en la calidad, al aumentar la senescencia y al acercarse la floración (Brock y Hay 1993). Este problema se exagera cuando las altas temperaturas del verano restringen el consumo de materia seca durante el día (Thurbon *et al.* 1971). Es así que establecer un óptimo régimen de defoliación no sólo es importante en relación al volumen producido sino que también es fundamental desde el punto de vista del valor nutricional ya que, como se ha expuesto, el proceso de crecimiento y la arquitectura de las plantas se vinculan con la calidad del forraje (Agnusdei *et al.* 2009).

La disminución en la proporción de hojas que ocurre en el transcurso del rebrote ha sido usualmente interpretado como resultado del envejecimiento de las plantas y vinculado al paso del tiempo. Sin embargo, en estudios comparativos entre plantas aisladas y pasturas densas, se observó que una vez que el canopeo se cierra, la proporción de hojas se reduce drásticamente respecto de lo que ocurre en las plantas libres de competencia (Lemaire y Gastal 1997). Esto indica que el tiempo no es la variable principal que explica la caída en la proporción de hojas y que la misma es la expresión de una respuesta plástica frente a la acumulación de biomasa en un canopeo denso (Wade y Agnusdei 2002). A medida que avanza el estado de crecimiento, como se ha señalado, se incrementa el porcentaje de tallos en detrimento de las hojas, lo cual repercute en un mayor porcentaje de lignina y fibra (Elizalde y Riffel 2016), y en una caída del contenido de nitrógeno ya que el mismo tiende a movilizarse desde las hojas sombreadas a las de los estratos más iluminados (Wade y Agnusdei 2002). En concordancia, se ha establecido que este avance en la madurez impacta en forma negativa sobre la calidad mediante una reducción en la digestibilidad (DIVMS) y el porcentaje de proteína bruta (PB) y que este impacto es mucho mayor cuando la frecuencia de pastoreo es baja, provocando menores ganancias de peso diario (De León *et al.* 1995). Respecto del efecto de la duración del período de rebrote sobre la calidad, Groot y Neuteboom (1997) demostraron que la reducción de la digestibilidad en láminas sucesivas estuvo asociada a un incremento en la duración del crecimiento foliar dentro del tubo de vainas de mayor longitud. La digestibilidad de las hojas maduras disminuye de acuerdo al nivel de inserción en el tallo (Wilson 1976a), y se relaciona a cambios en la composición anatómica (Wilson 1976b). Si bien a través del crecimiento la tasa de disminución de la digestibilidad es alta (Wilson 1976a), puede ser menor cuando el crecimiento es lento (Duru 1987).

Avila *et al.* (2010) evaluaron la acumulación de FDN, FDNi y digestibilidad *in vitro* aparente de la materia seca, de un ciclo normal de rebrote en *Chloris gayana* Kunth y *Cenchrus ciliaris* L. en relación a la edad y largo foliar, considerando tres generaciones sucesivas de hojas (G1: inicio de rebrote, G2: fase de tasa máxima, G3: momento en que se alcanza la producción techo). Considerando específicamente a *Chloris gayana* Kunth, los autores determinaron que el contenido de FDN de las láminas no cambió a lo largo de la vida media foliar. Sin embargo, el contenido de FDNi mostró un aumento lineal durante toda la vida media foliar, en dos de tres generaciones (G1 y G2). El hecho de que la FDN no se modifique durante la VMF indicaría que las láminas en crecimiento acumularon FDN dentro del tubo de vainas del cual emergieron, y que durante el período de láminas adultas no hubo exportación de compuestos solubles hacia las hojas en crecimiento. Por lo tanto, la VMF podría utilizarse como indicador del intervalo máximo recomendable entre defoliaciones sucesivas para evitar pérdidas de componentes solubles del forraje. Además, los resultados de ese experimento junto con los de otro estudio previo (Agnusdei *et al.* 2009) muestran que una lámina en crecimiento se diferenciaría de otra adulta por la digestibilidad de la FDN, más que por su contenido.

Un manejo eficiente del forraje no sólo debe contemplar el objetivo a corto plazo de maximizar la relación entre el pasto producido y el consumido, sino también el objetivo a largo plazo de mantener la persistencia del recurso forrajero (Lemaire y Agnusdei 2000). En pasturas templadas, pastoreos más frecuentes pueden reducir el nivel de reservas de carbohidratos, lo que conduciría a un retraso en el rebrote y un menor rendimiento (Pembleton *et al.* 2009). La persistencia en una pastura tropical perenne puede deberse a que sea longeva o que tenga la habilidad de regenerarse vegetativamente e través de estolones o rizomas, o mediante renovación de su siembra

(Lodge *et al.* 2009). Turner *et al.* (2006) estimaron la persistencia de una pastura a través de la medición de la densidad de plantas. Da Silva *et al.* (2009) consideraron que en experimentos de un año de duración, el manejo de las pasturas debe priorizar bajos valores de biomasa durante la transición entre el invierno y la primavera para permitir la rápida recuperación y rebrote. Otros autores plantearon que la presencia de material diferido de otoño durante el período invernal proveería una cobertura protectora a las plantas de *Chloris gayana* frente al frío, resultando una práctica conveniente para favorecer el rebrote post-invierno (Imaz *et al.* 2012). Específicamente en *Chloris gayana* Kunth, Loch (1980) estableció que la velocidad de rebrote en la primavera, varía entre cultivares, por ejemplo Callide (tetraploide) presenta un rebrote primaveral más lento que Pioneer (diploide).

Uno de los objetivos del manejo de pasturas para pastoreo directo es conformar estructuras amigables para los animales de modo de evitar que se vean forzados a consumir forraje de mala calidad o que deban restar tiempo de pastoreo para seleccionar ciertas fracciones del forraje total ofrecido (Wade y Agnusdei 2002). Sin embargo, tradicionalmente, la experimentación y utilización de pasturas tropicales y subtropicales ha estado basada en intervalos fijos entre defoliaciones, valores fijos de carga animal u oferta de forraje, y producción de materia seca medida directamente al final del rebrote. Bajo estas circunstancias, la composición del forraje producido generalmente se caracteriza por presentar una alta proporción de tallos y material muerto; los análisis químicos revelan consistentemente bajos contenidos de proteína bruta y digestibilidad. Además, el uso de parámetros fijos puede conducir tanto a una sobre como una subutilización de los recursos forrajeros, sin considerar las variaciones entre años y entre estaciones en lo referido a factores ambientales. Esto refleja las limitaciones que presenta el empleo de parámetros fijos y la generalización de las recomendaciones de manejo en los diferentes sistemas. En síntesis, las pasturas megatérmicas bajo estas formas de manejo son capaces de producir grandes cantidades de forraje pero, en muchos casos, con pobre calidad nutricional, limitando la performance animal y en consecuencia la productividad del sistema (Da Silva 2004). Debido a esto y con el propósito de aprovechar la elevada producción de materia seca de las pasturas subtropicales, es necesario entender la relación funcional entre la planta y la respuesta animal frente a diferentes estrategias de defoliación (Nascimento Jr. *et al.* 2004).

Si bien en los últimos años la tendencia ha sido emplear parámetros ecofisiológicos en el manejo del pastoreo, existe escasa información en pasturas subtropicales, especialmente en *Chloris gayana* Kunth. Para aprovechar la alta productividad primaria neta aérea y lograr alta eficiencia en la producción de carne, es fundamental cosechar alta calidad ajustando los parámetros del pastoreo, por lo que se considera importante evaluar el impacto de diferentes regímenes de defoliación sobre la morfogénesis, estructura, producción y valor nutricional de la pastura.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de distintos regímenes de defoliación sobre las variables morfológicas, características estructurales, productividad primaria neta aérea y calidad nutritiva de *Chloris gayana* Kunth.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar los cambios en las variables morfológicas: tasa de aparición foliar, tasa de elongación foliar y vida media foliar, y en las características estructurales: tamaño foliar, densidad de macollos y hojas por macollo, bajo diferentes regímenes de defoliación.

2. Evaluar los cambios en la intercepción de la radiación, el índice de área foliar y la PPNA, bajo diferentes regímenes de defoliación.

3. Evaluar los cambios en las variables nutricionales: proteína bruta, fibra en detergente neutro y digestibilidad de la FDN, ante diferentes regímenes de defoliación

4. Evaluar el efecto de los diferentes regímenes de defoliación sobre el rebrote en la primavera siguiente, como un indicio de la persistencia de la pastura.

5. Hallar variables de simple medición como indicadores del óptimo régimen de defoliación, con el fin de establecer pautas de manejo para el productor.

HIPÓTESIS

1. Diferentes regímenes de defoliación modifican la TEF, la densidad de macollos y el tamaño foliar en *Chloris gayana* Kunth cv. Épica INTA-Pemán.

Se espera que el régimen de mayor frecuencia e intensidad de defoliación genere una pastura con mayor densidad de macollos, y menores tamaño foliar y TEF, respecto a los regímenes de menor intensidad y frecuencia.

2. Diferentes regímenes de defoliación modifican el IAF, la intercepción lumínica y la productividad de *Chloris gayana* Kunth cv. Épica INTA-Pemán.

Se espera que el régimen de mayor intensidad y frecuencia genere una pastura con menores IAF, intercepción de la radiación y PPNA, en relación a los regímenes menos severos.

3. Diferentes regímenes de defoliación modifican los parámetros nutricionales: PB, FDN y DFDN, en *Chloris gayana* Kunth cv. Épica INTA-Pemán.

Se espera que bajo una mayor frecuencia de defoliación, el tejido verde presente menor contenido de FDN, y mayor contenido de PB y DFDN, en relación a regímenes menos severos.

GLOSARIO

DFDN: digestibilidad de la fibra en detergente neutro
DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca
DMS: digestibilidad de la materia seca
FDN: fibra en detergente neutro
FDNi: fibra en detergente neutro indigestible
GDC: grados día de crecimiento
IAF: índice de área foliar
IR: intercepción de la radiación
PB: proteína bruta
TAF: tasa de aparición foliar
TEF: tasa de elongación foliar
VMF: vida media foliar

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie vegetal y condiciones del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo desde septiembre de 2014 hasta septiembre de 2015, bajo condiciones semicontroladas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi, ubicada 70 km al sureste de la ciudad de Córdoba (latitud: 31° 49' S; longitud: 63° 46' O; 292 m.s.n.m.). El invernadero donde se instaló el experimento presenta una superficie de 40 m² (Foto 1).

Se utilizó semilla cuyo poder germinativo era de 20 % sobre sustrato de papel⁽¹⁾. La primera semana de octubre se realizó la siembra de *Chloris gayana* Kunth cv. Épica INTA-Pemán en 800 bolsas plásticas de 250 cc.



Foto 1. Invernadero en la EEA Manfredi.

Se colocaron bolsas de rafia de polipropileno (macetones) de 0.9 m³ sobre pallets de madera dentro del invernadero. El suelo con que se llenaron los macetones presentaba 7.41 % de materia orgánica, 199 ppm de P_e, 111 ppm de N-NO₃, pH 7.39 y 9.9 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica (Apéndice 1). Previo al trasplante, y con el fin de homogeneizar el contenido de nutrientes del suelo, se efectuó una fertilización con superfosfato triple⁽²⁾ a razón de 200 kg ha⁻¹.

El 1 de diciembre se llevó a cabo el trasplante, a razón de 40 plantines por macetón, aproximadamente (Fotos 2 y 3).

¹ El Instituto Nacional de Semillas (INASE), según lo señalado por la norma RE-350-2011-INS, establece para *Chloris gayana* Kunth una tolerancia de 20 % de poder germinativo y 400.000 plántulas germinadas kg⁻¹ para su comercialización.

² Ca (H₂PO₄)₂ · H₂O. Contiene 44-48 % de fósforo y 13-15 % de calcio.



Foto 2. Plantines antes del trasplante.



Foto 3. Trasplante de plantines en macetones.

El 29 de diciembre se efectuó un corte a 10 cm con el fin de conformar cubiertas vegetales homogéneas (Fotos 4 y 5). Los macetones se regaron cada 2 días.



Foto 4. Macetones antes del corte de homogeneidad.



Foto 5. Corte de homogeneidad.

En la mitad del período de evaluación se efectuó un segundo análisis de suelo para monitorear el contenido de materia orgánica, disponibilidad de nitrógeno y fósforo, pH y conductividad eléctrica (Apéndice 2).

El 16 de enero se aplicó Clorpirifós a razón de 700-900 cc ha⁻¹ debido a la presencia de orugas.

Con el objetivo de mantener un elevado contenido de nitrógeno en el suelo, 10 días después de cada defoliación se aplicó 200 kg ha⁻¹ de urea.

Tratamientos y monitoreo de las condiciones experimentales

Los tratamientos estuvieron conformados por cortes dados por la combinación de dos factores: frecuencia de defoliación a dos niveles (300 y 500 GDC) e intensidad de defoliación a dos niveles (1 y 3 hojas verdes remanentes). A partir de los datos de temperaturas medias registradas por un *datalogger* colocado dentro del invernadero, se calcularon los grados días de crecimiento (GDC). Los mismos se obtuvieron al restar a la temperatura media diaria, la temperatura base de crecimiento de la especie 12°C (Agnusdei *et al.* 2009; Jones 1985). El período de evaluación abarcó 1500 GDC por lo cual se llevaron a cabo tres cortes de 500 GDC (alcanzar los 500, 1000 y 1500 GDC) y cinco de 300 GDC (al alcanzar los 300, 600, 900, 1200 y 1500 GDC). El número de hojas verdes remanentes se determinó visualmente.

Los cuatro regímenes contrastantes de defoliación (300_1, 300_3, 500_1 y 500_3) se lograron satisfactoriamente a lo largo de cortes sucesivos (Fig. 2.1 y 2.2).

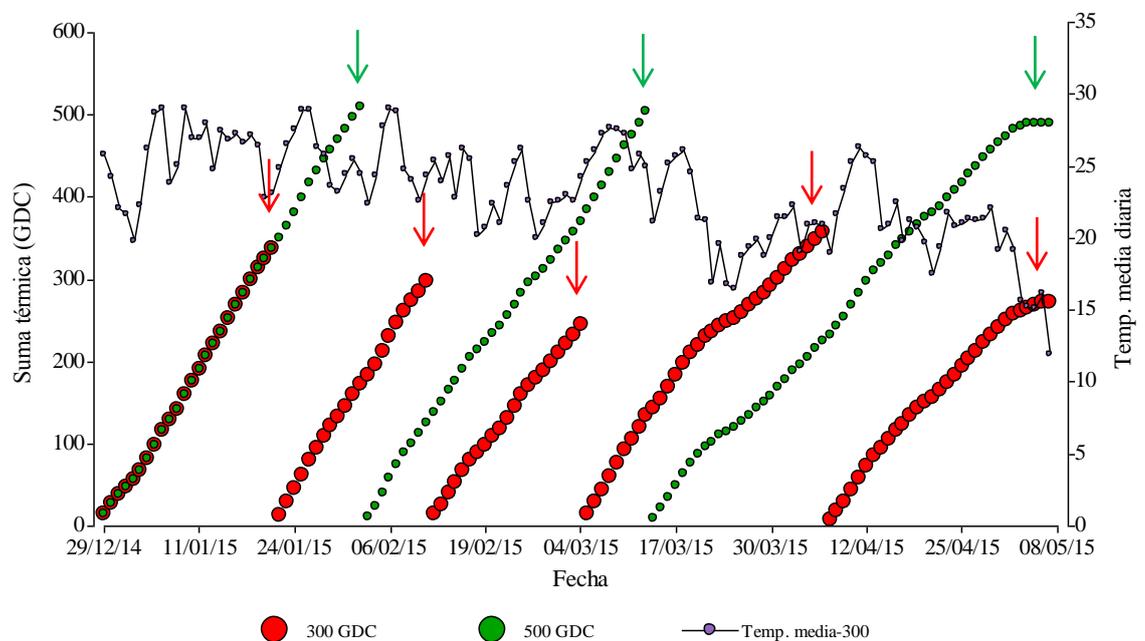


Figura 2.1. Suma térmica para las frecuencias 300 y 500 GDC y evolución de la temperatura media diaria dentro del invernadero a lo largo del periodo experimental. Flechas rojas y verdes indican las fechas de corte de la frecuencia 300 y 500 respectivamente.

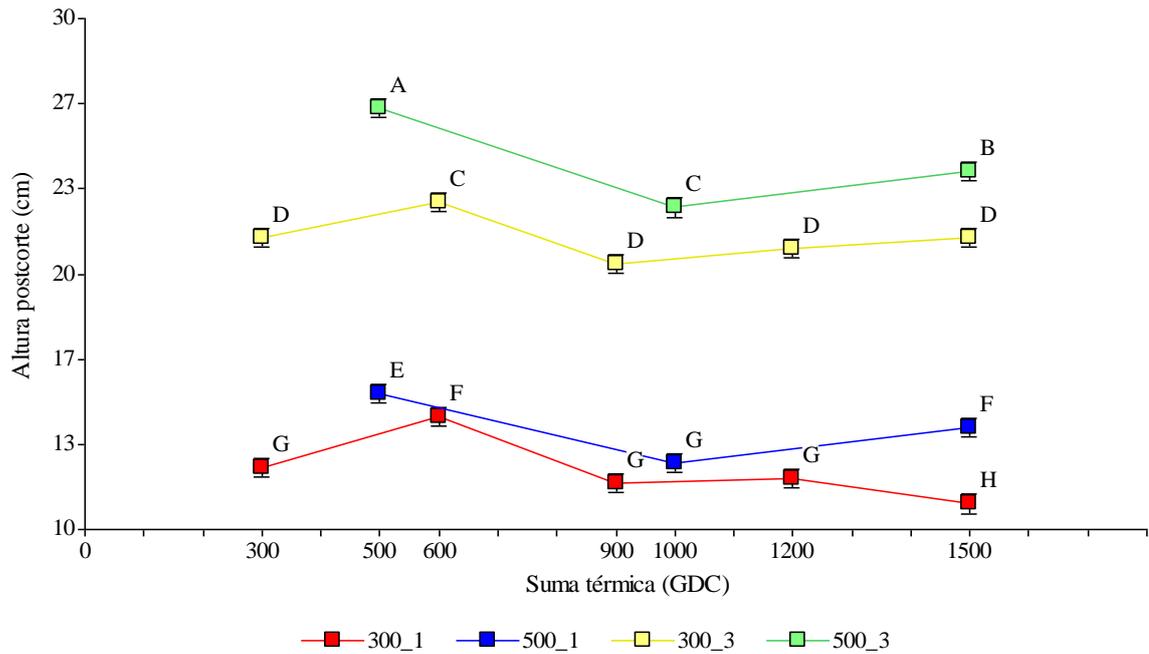


Figura 2.2. Altura del forraje luego de las defoliaciones correspondientes a los distintos tratamientos.

En cada unidad experimental se marcaron 5 macollos con anillos plásticos (Foto 6). Semanalmente, hasta el momento de cada corte, se midió para todas las hojas de cada macollo seleccionado:

- Largo parcial de lámina (mm).
- Ancho máximo de lámina (mm).
- Fecha de aparición de hojas nuevas por macollo.



Foto 6. Macollo marcado con anillo de alambre.

Por otra parte, en cada macetón se colocó un marco de 0.20 m² (40 cm x 50 cm) fijo, situado en un sitio representativo (Foto 7). En él se determinó:

- Número de macollos: conteo de los mismos en cada uno de los cortes.
- Altura de la pastura (cm): con una regla metálica graduada, antes y después de cada corte (Foto 8).

A su vez, antes de cada corte se determinó:

- Intercepción de luz (%): con ceptómetro Bar-Rad (Foto 9) en diagonal a cada marco arriba del canopeo se registró la radiación incidente (evitando sombra, 1 registro) y abajo del mismo la radiación que llega a 5 cm de la superficie (3 registros).
- Número de estolones (n°).
- Número de estolones enraizados (n°).

Cabe aclarar que los macollos producidos a partir de estolones, al representar menos del 15% en la superficie evaluada, se sumaron a los macollos basales para conformar la densidad total.



Foto 7. Marco fijo de muestreo.



Foto 8. Medición de la altura de la pastura previa al corte.



Foto 9. Determinación de radiación incidente y bajo el canopeo.

En cada tratamiento se cortó toda la superficie de cada marco con tijera de tusar, se pesó en fresco y se obtuvieron 4 submuestras (cabe aclarar que las muestras para determinación de calidad sólo se analizaron al final del experimento):

- Submuestra 1: se colocaron aproximadamente 150 g de material fresco en bolsas de papel previamente etiquetadas y se llevaron a estufa a 100 °C para determinar su contenido de materia seca (MS). Así, se estimó el rendimiento en materia seca por unidad de superficie.

- Submuestra 2: se colocaron aproximadamente 150 g en estufa a 55 °C, para la posterior determinación de calidad nutricional en laboratorio (Foto 10):
 - Proteína bruta (PB): se efectuó a través el método Kjeldahl, obteniendo nitrógeno (N) y multiplicado por el coeficiente 6,25 (Bremmer y Breitenke 1983). La determinación se realizó con el equipo Kjeltec 8400 de FOSS.
 - Fibra en detergente neutro (FDN): se llevó a cabo mediante el método propuesto por Goering y Van Soest (1970); se utilizó un equipo Ankom 220 Fiberanalyzer.
 - Digestibilidad de la FDN (DFDN): se realizó *in vitro* a 30 horas, con la metodología propuesta por Van Soest *et al.* (1966).
- Submuestra 3: 10 macollos fueron seleccionados en función de la distribución de tamaños (representativos) y, en laboratorio, se separaron los componentes del rendimiento: tallos y vainas; láminas verdes; láminas senescentes (con más del 50 % del tejido muerto) e inflorescencias. Cada una de las cuatro fracciones se colocaron en bolsas de papel en estufa a 100 °C, de modo de establecer el contenido de materia seca, y así se calculó la participación (en % de MS) de cada componente en el rendimiento total (Foto 11).



Foto 10. Submuestras para determinación de materia seca y calidad.



Foto 11. Componentes del rendimiento previos al secado.

- Submuestra 4: 10 láminas representativas fueron cortadas y, a partir de un scanner y el software Image Tool (Wilcox *et al.* 2002), se determinó su área foliar (Foto 12).



Foto 12. Determinación de área foliar.

Luego, se enrasó toda la unidad experimental en función al tratamiento que corresponda. Todos los pesajes se realizaron con balanza, con una precisión de 0.01 g.

A partir de estos datos se calcularon:

- Variables morfológicas:
 - Tasa de aparición foliar (hojas GDC^{-1}) y filocrono (GDC hoja^{-1}). Entre las hojas 3 y 4 de cada macollo.
 - Tasa de elongación foliar ($\text{mm macollo}^{-1} \text{GDC}^{-1}$). A nivel macollo.
 - Vida media foliar (GDC).
- Características estructurales:
 - Número de hojas verdes por macollo: se consideró como 1 hoja verde a aquella desplegada 100 % verde, y como $\frac{1}{2}$ hoja verde a aquella en expansión y a la desplegada entre 50 y 100 % verde.
 - Densidad de macollos ($\text{n}^\circ \text{m}^{-2}$).
 - Tamaño foliar ($\text{cm}^2 \text{lámina}^{-1}$).
- Intercepción de la radiación (%).

- Índice de Área Foliar (m^2 de hojas m^{-2} de suelo), a partir de la siguiente fórmula:

$\text{IAF} = \text{área foliar individual} \times \text{n}^\circ \text{ hojas por macollo} \times \text{densidad de macollos}$

- Rendimiento (kg MS ha^{-1}).
- Calidad nutricional definida a partir del contenido (%) de PB, FDN y DFDN.

Con el objetivo de evaluar el rebrote primaveral, el 20 agosto de 2015, tras haberse acumulado 100 GDC, se cortaron todas las pasturas a 7 cm de altura y se determinó la biomasa acumulada desde el último corte del otoño. El 16 de septiembre, luego de haberse acumulado 275 GDC (175 GDC a partir del corte mencionado), se evaluó el rebrote a través del número de macollos rebrotados por unidad de superficie. Cabe destacar que no se produjeron heladas dentro del invernadero en todo el período invernal.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño fue completamente aleatorizado con 5 repeticiones. Cada macollo individual fue considerado como una unidad observacional respecto de las variables morfogénicas, y los cinco macollos por macetón (unidad experimental) fueron promediados. Se chequearon los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para todas las variables. A partir del análisis exploratorio, se visualizó la necesidad de ajustar un modelo heteroscedástico, en algunas variables, para contemplar diferencias de variabilidad residual entre observaciones.

Los datos obtenidos se analizaron con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2008). En su versión 2008, existe un procedimiento para ajustar modelos mixtos. Este procedimiento usa al lenguaje R como motor de cálculos y construye una interfase con las rutinas lme y gls de la librería nlme.

En el experimento, para las variables morfogénicas, características estructurales, rendimiento por corte, componentes del rendimiento, índice de área foliar, interceptación de la radiación, altura precorte y altura postcorte, se ajustó un modelo lineal mixto, donde se incluyó como efecto fijo a cada tratamiento dado por la combinación de frecuencia, intensidad y momento de corte. Cabe destacar que el modelo no considera interacciones al tomar como efecto fijo a cada tratamiento dado por la combinación de 2 frecuencias, 2 intensidades y 8 momentos de corte (3 de 500 GDC más 5 de 300 GDC), en total 16 tratamientos. El efecto maceta se incluyó como un efecto aleatorio. Se incluyó una auto-correlación continua de orden 1 (corCAR1) dentro de cada maceta, con el propósito de modelar la correlación temporal debida a los sucesivos cortes.

A través de pruebas de hipótesis para contrastes se estableció, cuando fue pertinente, la existencia o no de efecto significativo ($p < 0.05$) de la intensidad de corte en cada una de las frecuencias, y viceversa.

Por otra parte, para las variables de calidad, rendimiento acumulado, rendimiento a fin del invierno y el número de macollos rebrotados en primavera, al no presentar medidas repetidas en el tiempo, se analizaron con un modelo lineal mixto, donde se incluyó como efectos fijos a la frecuencia, la intensidad y la interacción entre ambas.

Las comparaciones a posteriori se realizaron utilizando el procedimiento DGC (Di Rienzo *et al.* 2002) con un nivel de significación del 5%.

Además se llevaron a cabo regresiones lineales simples y análisis multivariados (componentes principales) entre las variables de interés.

RESULTADOS

Variables morfológicas:

Tasa de aparición foliar y Filocrono

No se evidenció efecto significativo ($p=0.1165$) de los tratamientos sobre la tasa de aparición foliar, cuyo valor promedio fue 0.0138 ± 0.0048 hojas GDC⁻¹. El filocrono tampoco fue afectado por los distintos tratamientos ($p=0.3583$), siendo el valor promedio hallado de 77.5 ± 18.5 GDC hoja⁻¹.

Tasa de elongación foliar:

Se observó diferencia significativa entre los tratamientos ($p=0.0001$) para la tasa de elongación foliar. En el 1° corte de cada régimen no hubo efecto significativo de los tratamientos. Bajo una frecuencia de defoliación cada 300 GDC la TEF disminuyó entre el 1° corte y los siguientes en ambas intensidades, mientras que al cortar cada 500 GDC también se redujo entre el 1° y 2° corte. Si bien con el régimen 500_3 la TEF se mantuvo baja en el 3° corte, con una intensidad de 1 hoja verde remanente se recuperó a los valores del 1° corte (Tabla 3.1). Al finalizar el ensayo (1500 GDC), tras llevar a cabo una prueba de hipótesis para contraste, no se observaron diferencias al comparar entre intensidades dentro de cada frecuencia ($p=0.0864$ y $p=0.9019$ para 500 y 300 GDC, respectivamente), pero sí se evidenciaron entre frecuencias dentro de cada intensidad ($p=0.0003$ y $p=0.0235$ para 1 y 3 hojas verdes remanentes, respectivamente). Es decir, que a los 1500 GDC los regímenes menos frecuentes presentaron mayor TEF.

Tabla 3.1. Evolución de la tasa de elongación foliar (mm macollo⁻¹ GDC⁻¹) y su error estándar a través de los sucesivos cortes, en las distintas combinaciones de intensidad y frecuencia de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos.

| | 300_1 | 300_3 | 500_1 | 500_3 |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 300 GDC | 0.69 ± 0.08 A | 0.76 ± 0.08 A | | |
| 500 GDC | | | 0.67 ± 0.08 A | 0.71 ± 0.08 A |
| 600 GDC | 0.35 ± 0.08 B | 0.29 ± 0.08 B | | |
| 900 GDC | 0.43 ± 0.08 B | 0.36 ± 0.08 B | | |
| 1000 GDC | | | 0.56 ± 0.08 B | 0.53 ± 0.08 B |
| 1200 GDC | 0.47 ± 0.08 B | 0.44 ± 0.08 B | | |
| 1500 GDC | 0.34 ± 0.08 B | 0.33 ± 0.08 B | 0.76 ± 0.08 A | 0.58 ± 0.08 B |

Vida media foliar:

No se registró diferencia significativa ($p=0.2368$) entre los diferentes tratamientos para la vida media foliar. El valor promedio hallado fue de 414.8 ± 109.5 GDC.

Características estructurales:

Área foliar:

Se encontró efecto significativo de los tratamientos sobre el área foliar ($p=0.0001$). Esta variable se redujo significativamente entre el 1° y los sucesivos cortes de la combinación 300_3, mientras que la 300_1 se mostró estable a lo largo de todo el período experimental, con excepción del 2° corte, en el cual disminuyó significativamente. En la frecuencia de corte cada 500 GDC, el área foliar se mantuvo constante, con excepción del 2° corte más intenso que manifestó un aumento significativo del área foliar. Al finalizar el ensayo no se observaron diferencias y el valor promedio hallado fue de $24.31 \pm 2.29 \text{ cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$ (Fig. 3.3).

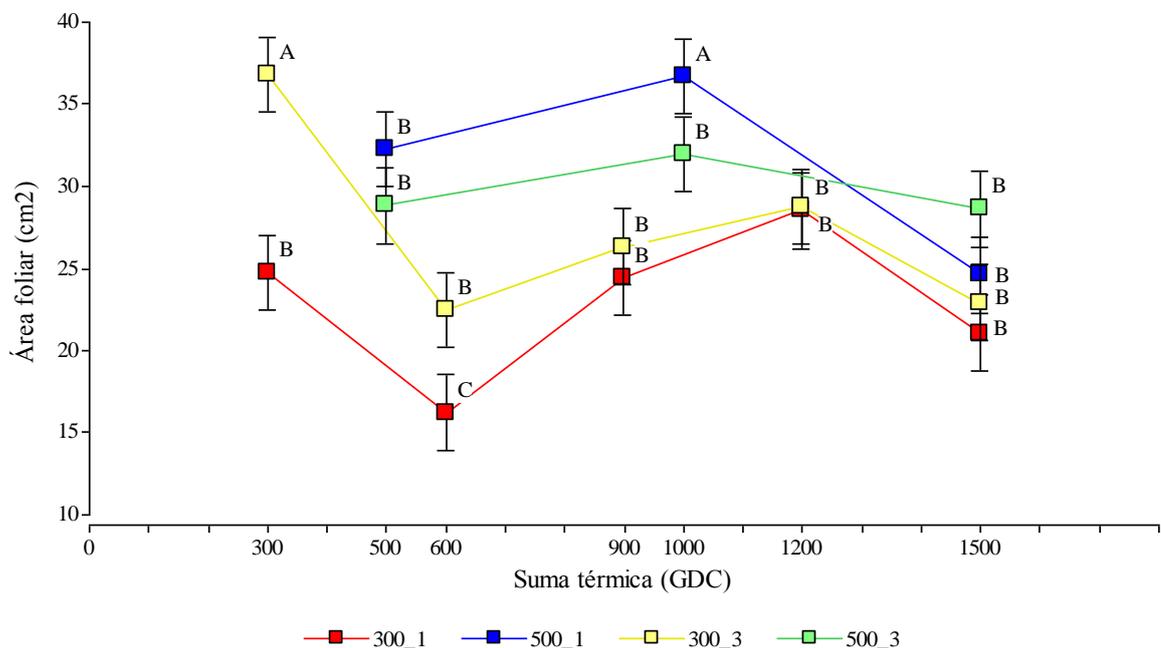


Figura 3.1. Evolución del área foliar ($\text{cm}^2 \text{ lámina}^{-1}$) a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Número de hojas verdes por macollo:

No se registró diferencia significativa ($p\text{-valor}=0.5646$) entre los tratamientos para el número de hojas verdes por macollo. El valor promedio hallado fue de $5.31 \pm 0.53 \text{ hojas verdes macollo}^{-1}$.

Densidad de macollos:

Se observó efecto de los tratamientos sobre la densidad de macollos ($p=0.0001$). Dentro de la frecuencia de defoliación cada 300 GDC no hubo diferencia significativa entre las dos intensidades en cada uno de los cinco cortes. La densidad aumentó en las

pasturas defoliadas cada 300 GDC en el 4° corte y luego descendió en el último a valores similares a los tres primeros cortes. La densidad de macollos en los primeros dos cortes de la frecuencia 500 GDC fue similar a la de los primeros tres cortes de la frecuencia de 300 GDC para ambas intensidades, pero en el tercer corte aumentó. (Tabla 3.2). Al finalizar el ensayo (1500 GDC), tras llevar a cabo una prueba de hipótesis para contraste, no se observaron diferencias al comparar entre intensidades dentro de cada frecuencia ($p=0.8104$ y $p=0.9411$ para 500 y 300 GDC, respectivamente) ni entre frecuencias dentro de cada intensidad ($p=0.1598$ y $p=0.2133$ para 1 y 3 hojas verdes remanentes, respectivamente). Es decir que a los 1500 GDC no se mostraron diferencias entre regímenes en densidad de macollos.

Tabla 3.2. Evolución de la densidad de macollos ($n^{\circ} m^{-2}$) y su error estándar a través de los sucesivos cortes, en las distintas combinaciones de intensidad y frecuencia de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos.

| | 300_1 | 300_3 | 500_1 | 500_3 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 300 GDC | 442 ± 76 B | 413 ± 76 B | | |
| 500 GDC | | | 567 ± 76 B | 719 ± 76 B |
| 600 GDC | 522 ± 76 B | 630 ± 76 B | | |
| 900 GDC | 573 ± 76 B | 577 ± 76 B | | |
| 1000 GDC | | | 417 ± 76 B | 680 ± 76 B |
| 1200 GDC | 930 ± 76 A | 1010 ± 76 A | | |
| 1500 GDC | 738 ± 76 B | 730 ± 76 B | 892 ± 76 A | 866 ± 76 A |

Índice de Área Foliar:

Se evidenció efecto significativo de los tratamientos para el IAF ($p=0.0001$). Los regímenes de mayor frecuencia de corte tendieron a presentar valores inferiores respecto de los defoliados con menor frecuencia, con excepción del 3° y 4° corte de 300 GDC donde los valores fueron estadísticamente similares al 2° y 3° corte de 500 GDC. El IAF a los 900 GDC fue significativamente superior en la combinación 300_3 en relación a la 300_1. Mientras que en los regímenes de menor frecuencia la combinación 500_3 fue significativamente superior a la 500_1 en el 1° y 2° corte. A los 1500 GDC los regímenes menos frecuentes mostraron un IAF promedio de $13.27 \pm 1.59 m^2 m^{-2}$, el cual fue significativamente superior a $8.31 \pm 2.27 m^2 m^{-2}$ de los regímenes más frecuentes (Fig. 3.4).

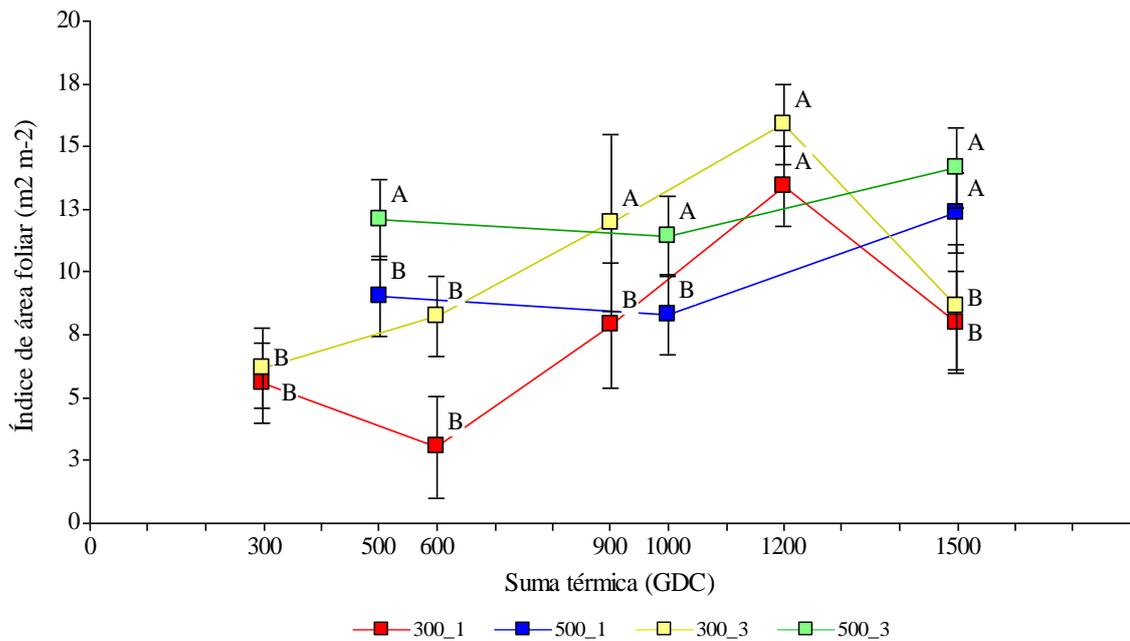


Figura 3.2. Evolución del índice de área foliar ($m^2 m^{-2}$) a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Intercepción de la radiación:

Se observó efecto significativo de los tratamientos sobre la radiación interceptada ($p=0.0004$). Dentro de cada régimen no se presentaron diferencias con excepción del segundo corte de la combinación 300_1 que fue significativamente inferior a los restantes. Si bien a los 1500 GDC no se evidenció efecto de los tratamientos sobre esta variable (Tabla 3.3), se efectuó una prueba de hipótesis para contraste la cual evidenció que no hubieron diferencias al comparar entre intensidades dentro de cada frecuencia ($p=0.3552$ y $p=0.1411$ para 500 y 300 GDC, respectivamente), en cambio sí se observaron diferencias al comparar entre frecuencias dentro de cada intensidad ($p=0.0091$ y $p=0.0118$ para 1 y 3 hojas verdes remanentes, respectivamente). Así, los regímenes de menor frecuencia mostraron valores superiores, en promedio $95.7 \pm 2.7 \%$, en relación de los defoliados con mayor frecuencia, que promediaron $85.5 \pm 2.7 \%$

Tabla 3.3. Evolución de la intercepción de la radiación (%) y su error estándar a través de los sucesivos cortes, en las distintas combinaciones de intensidad y frecuencia. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos.

| | 300_1 | 300_3 | 500_1 | 500_3 |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 300 GDC | 86.2 ± 2.7 A | 83.9 ± 2.7 A | | |
| 500 GDC | | | 92 ± 2.7 A | 91.1 ± 2.7 A |
| 600 GDC | 76.1 ± 2.7 B | 83.2 ± 2.7 A | | |
| 900 GDC | 86.3 ± 2.7 A | 88.2 ± 2.7 A | | |
| 1000 GDC | | | 87.2 ± 2.7 A | 94.6 ± 2.7 A |
| 1200 GDC | 88.3 ± 2.7 A | 90.7 ± 2.7 A | | |
| 1500 GDC | 83.5 ± 2.7 A | 87.5 ± 2.7 A | 93.9 ± 2.7 A | 97.5 ± 2.7 A |

Rendimiento:

Se observó efecto de los tratamientos ($p=0.0001$) sobre la producción de materia seca por corte. Los regímenes de menor frecuencia de defoliación presentaron rendimientos por corte significativamente superiores, en promedio 2987 ± 442 kg MS ha^{-1} , respecto de los cortados cada 300 GDC que en promedio lograron 1340 ± 226 kg MS ha^{-1} . El tratamiento 300_1_900 mostró un rendimiento por corte inferior a los demás tratamientos de la frecuencia 300 GDC (Fig. 3.1).

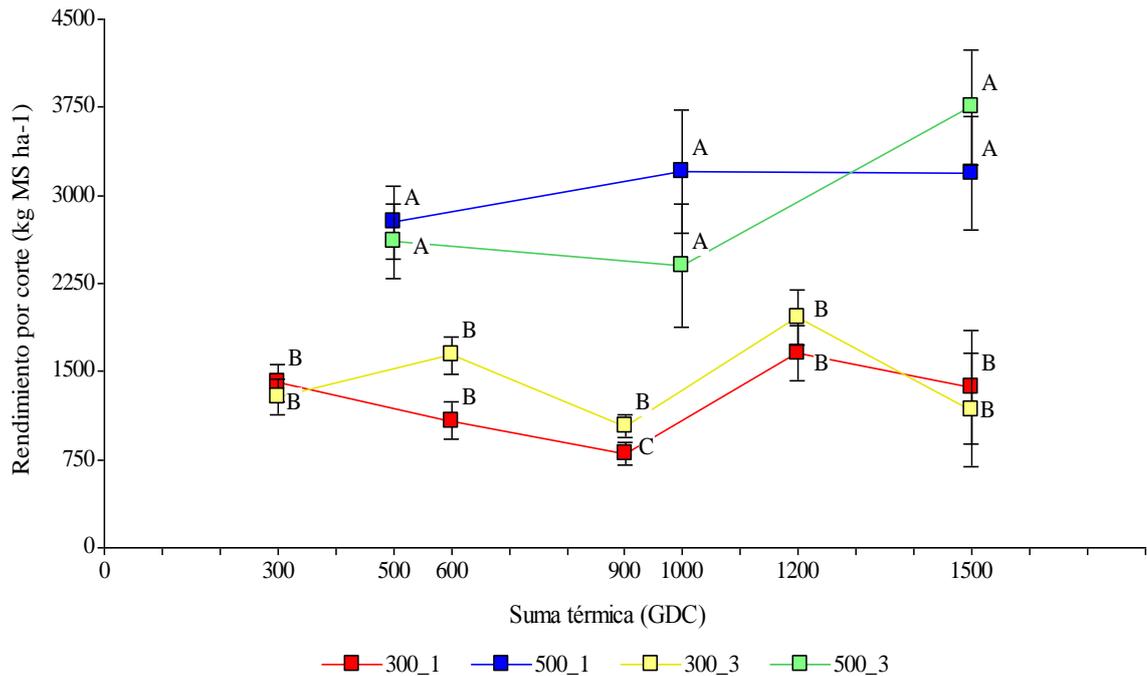


Figura 3.3. Evolución del rendimiento (kg MS ha^{-1}) a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

El rendimiento acumulado de los tratamientos defoliados cada 500 GDC fue significativamente superior ($p=0.0416$), alcanzando valores promedio de 8961 ± 920 kg MS ha^{-1} en relación a los cortados cada 300 GDC, los cuales produjeron en promedio 6699 ± 444 kg MS ha^{-1} (Fig. 3.2). No se observó diferencia significativa para intensidad ($p=0.8572$) ni para la interacción entre frecuencia e intensidad de defoliación ($p=0.5711$).

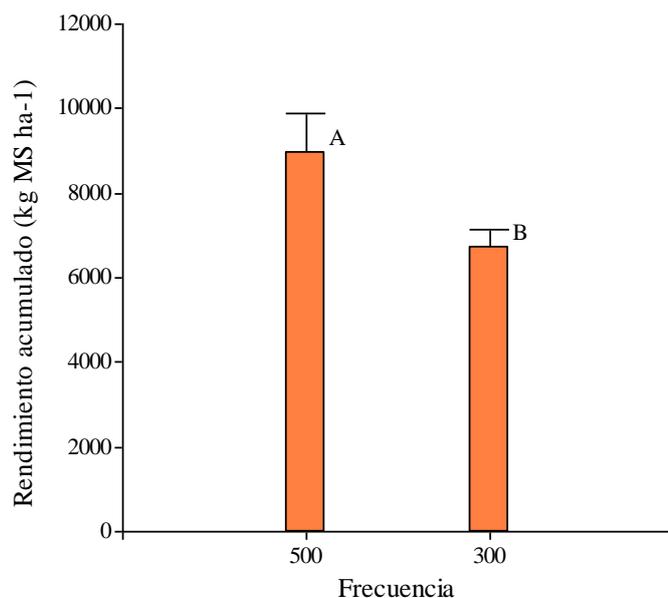


Figura 3.4. Producción acumulada de forraje (kg MS ha⁻¹) en cada frecuencia de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las frecuencias de defoliación. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

El rendimiento, la radiación interceptada y el IAF fueron significativamente superiores a los 1500 GDC en los regímenes menos frecuentes (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Rendimiento (kg MS ha⁻¹), intercepción de la radiación (%) e índice de área foliar (m² m⁻²) alcanzados por los canopeos en el último corte en cada régimen de defoliación.

| | Rendimiento | IR | IAF |
|--------------|--------------------|-----------|------------|
| 500_3 | 3748 | 98 | 14,17 |
| 500_1 | 3191 | 94 | 12,36 |
| 300_3 | 1171 | 87 | 8,61 |
| 300_1 | 1369 | 84 | 8,00 |

Componentes del rendimiento:

Hojas verdes:

Se evidenció efecto significativo de los tratamientos en el porcentaje de hojas verdes ($p=0.0001$). Las pasturas defoliadas con mayor frecuencia mostraron mayor porcentaje de hojas verdes en todo el período experimental, con excepción del 2° y 4° corte del régimen 300_3 que presentaron valores estadísticamente similares a las defoliadas cada 500 GDC (Fig. 3.5). Al finalizar el ensayo, los tratamientos cortados cada 300 GDC alcanzaron valores promedio de 69.8 ± 3.1 %, mientras que los tratamientos defoliados cada 500 GDC lograron 53.2 ± 3.1 %.

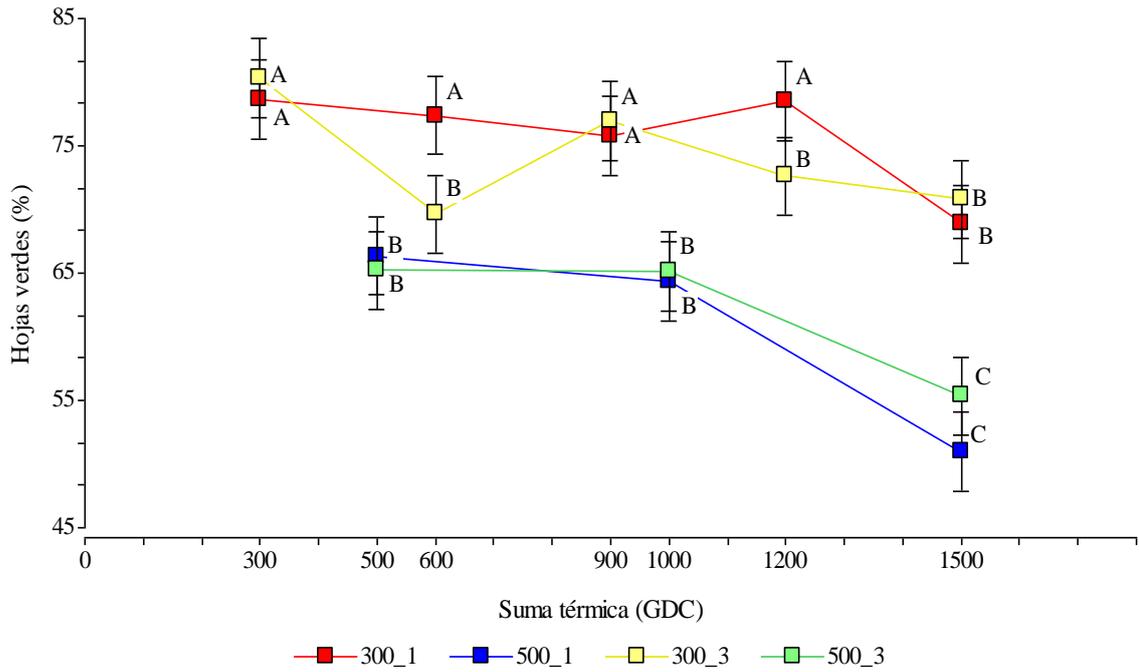


Figura 3.5. Evolución del porcentaje de hojas verdes a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Tallos:

Se observó efecto significativo de los tratamientos en el porcentaje de tallos ($p=0.0001$). Las pasturas defoliadas con mayor frecuencia mostraron menor porcentaje de tallos en todo el período experimental, con excepción del 2° y 4° corte del régimen 300_3 que presentaron valores estadísticamente similares a las defoliadas cada 500 GDC (Fig. 3.6). Al cumplirse los 1500 GDC, los tratamientos cortados a una frecuencia de 500 GDC mostraron significativamente mayor porcentaje de tallos (44.9 ± 2.78 %) en relación a los defoliados cada 300 GDC (30.2 ± 2.78 %).

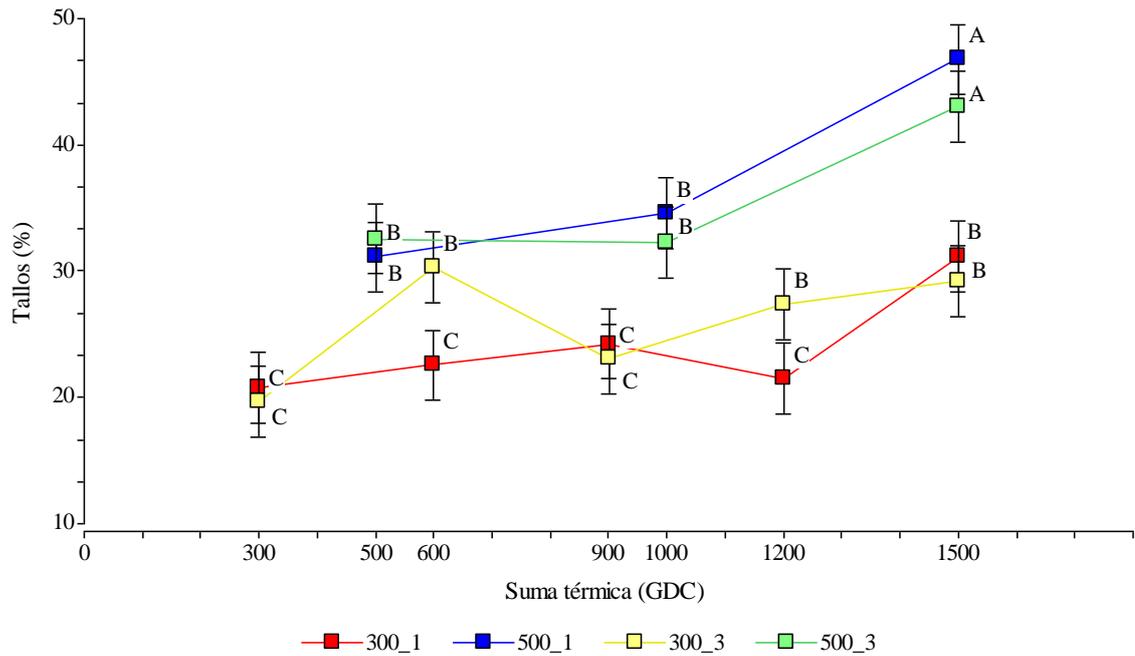


Figura 3.6. Evolución del porcentaje de tallos a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias de tratamientos. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Hojas secas:

En los regímenes menos frecuentes las hojas secas representaron menos del 1 % del rendimiento, mientras que en los más frecuentes no se observaron.

Inflorescencias:

En los regímenes menos frecuentes las inflorescencias representaron menos del 2.5 % del rendimiento a los 1500 GDC, mientras que en los más frecuentes no se observaron. Ninguno de los regímenes presentó inflorescencias en los cortes anteriores.

Calidad:

Proteína bruta final:

Se observó efecto significativo de la frecuencia de defoliación sobre el porcentaje de proteína bruta final ($p=0.0007$), mientras que no se manifestó para la intensidad ($p=0.1024$) ni para la interacción entre frecuencia e intensidad ($p=0.1993$). El valor promedio de PB para la frecuencia de 300 GDC fue 17.4 ± 0.4 %, mientras que para la de 500 GDC fue 15.6 ± 0.2 % (Fig. 3.7).

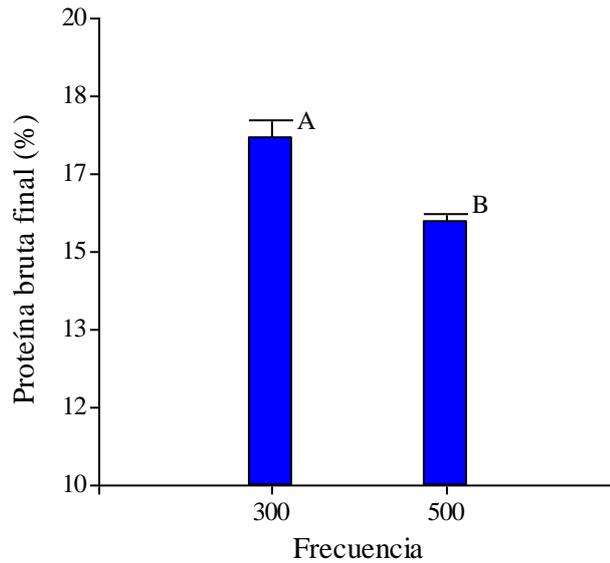


Figura 3.7. Proteína bruta (%) al finalizar el experimento para ambas frecuencias de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las frecuencias de defoliación. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Fibra en detergente neutro final:

Se observó efecto significativo de la frecuencia de defoliación ($p=0.0031$) sobre el porcentaje de fibra en detergente neutro, mientras que no se manifestó efecto de la intensidad ($p=0.2335$) ni de la interacción entre frecuencia e intensidad ($p=0.3016$). El valor promedio alcanzado para la frecuencia de 500 GDC fue 63.2 ± 0.6 %, mientras que para la de 300 GDC fue 60.9 ± 0.3 % (Fig. 3.8).

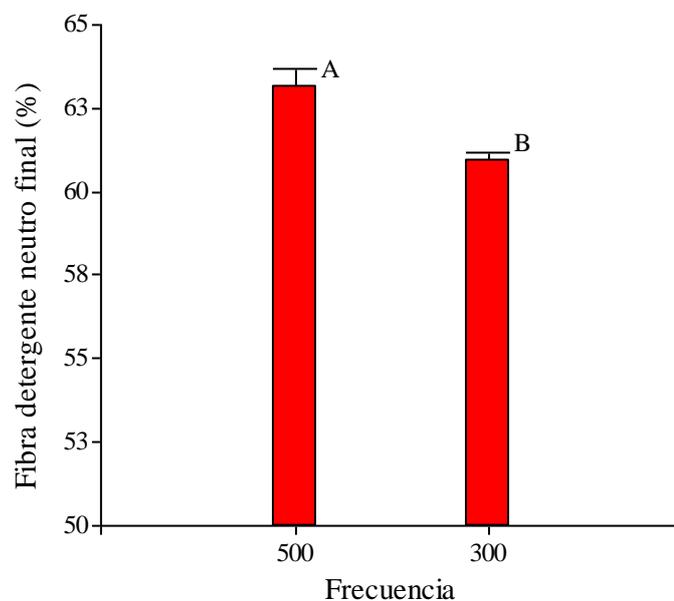


Figura 3.8. Fibra en detergente neutro (%) al finalizar el experimento para ambas frecuencias de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las frecuencias de defoliación. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Digestibilidad de la fibra en detergente neutro final:

Se observó efecto de la frecuencia de defoliación ($p=0.0005$) sobre la digestibilidad de la fibra en detergente neutro, mientras que no se evidenció efecto significativo de la intensidad ($p=0.4938$) ni de la interacción entre frecuencia e intensidad ($p=0.0576$). El valor promedio hallado para la frecuencia de 300 GDC fue $67.7 \pm 0.9 \%$, mientras que para la de 500 GDC fue $62.4 \pm 0.9 \%$ (Fig. 3.9).

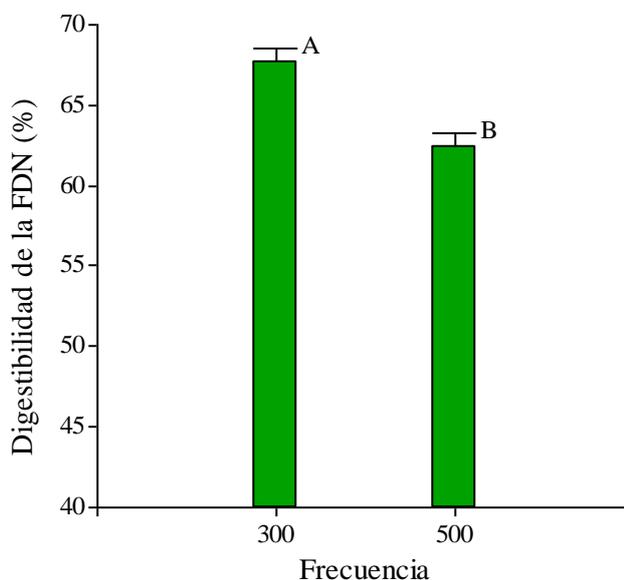


Figura 3.9. Digestibilidad de la fibra en detergente neutro (%) al finalizar el experimento para ambas frecuencias de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las frecuencias de defoliación. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Altura precorte:

Se manifestó efecto significativo de los tratamientos sobre la altura precorte ($p=0.0001$). Los regímenes más frecuentes disminuyeron significativamente la altura precorte en el 3° y 4° en relación a los primeros dos cortes, y se redujo aún más en el último corte. El 1° corte de la combinación 500_1 mostró valores similares a los del 1° corte de los defoliados cada 300 GDC, mientras que en el 2° corte se redujo significativamente y luego, a los 1500 GDC, se recuperó a valores significativamente mayores a los del 1° corte. Por su parte, la combinación 500_3 presentó en el 1° corte una altura superior a los demás regímenes, luego cayó y al final del periodo aumentó pero sin alcanzar los valores del 1° corte.

Al finalizar el período de evaluación todos los regímenes se diferenciaron estadísticamente, observándose una altura precorte superior bajo menor frecuencia de defoliación (Fig. 3.10).

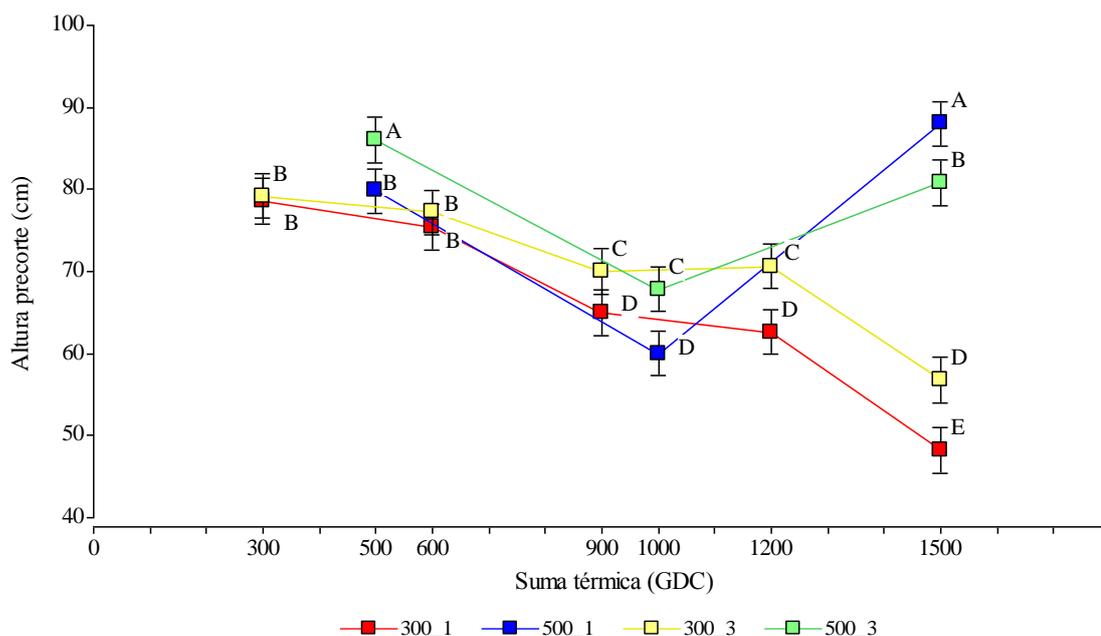


Figura 3.10. Altura de la pastura (cm) previa al corte a lo largo del período experimental en los diferentes regímenes de defoliación. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. La barra vertical indica ± 1 error estándar de la media.

Se halló una relación positiva ($R^2=0.83$) entre la altura previa al corte al finalizar el período de evaluación y la frecuencia de defoliación ($p=0.0001$). A los 1500 GDC la altura promedio previa al corte para la frecuencia de 300 GDC fue 52.5 ± 2.4 cm, mientras que para la frecuencia de 500 GDC fue 84.4 ± 2.4 cm.

Altura postcorte:

Se halló una relación positiva ($R^2=0.88$) entre la altura posterior al corte y la intensidad de defoliación ($p=0.0001$) al analizar los datos de todo el periodo experimental. La altura promedio luego del corte para la intensidad de una hoja verde remanente fue 12.9 ± 0.4 cm, mientras que para la intensidad de 3 hojas verdes remanentes fue 22.5 ± 0.4 cm.

Rendimiento a fin de invierno y rebrote primaveral:

El rendimiento de materia seca tras acumularse 100 GDC a partir del día en que la temperatura media superó la temperatura base de crecimiento luego del invierno, no fue afectado por la frecuencia ($p=0.1621$), intensidad ($p=0.2102$) ni la interacción ($p=0.5586$). El valor promedio alcanzado fue 631 ± 100 kg MS ha⁻¹.

La densidad de macollos que rebrotaron en la primavera siguiente al ensayo no fue afectada por la frecuencia ($p=0.5350$), la intensidad de defoliación ($p=0.1019$) ni por su interacción ($p=0.7967$), siendo el promedio 1097 ± 132 macollos m⁻². En todos los tratamientos, la densidad en la primavera fue superior respecto de los últimos cortes del período de crecimiento anterior (verano – otoño).

Relaciones entre las variables analizadas

Mediante un análisis de componentes principales se relacionaron las variables de calidad, el porcentaje de hojas verdes y el de tallos al finalizar el experimento. La CP1 permitió explicar el 81.8% de la variación total, reflejando principalmente la alta correlación negativa entre el porcentaje de hojas verdes y el de tallos. La FDN se relacionó positivamente con el porcentaje de tallos, mientras que la PB y DFDN con el porcentaje de hojas verdes (Fig. 3.11).

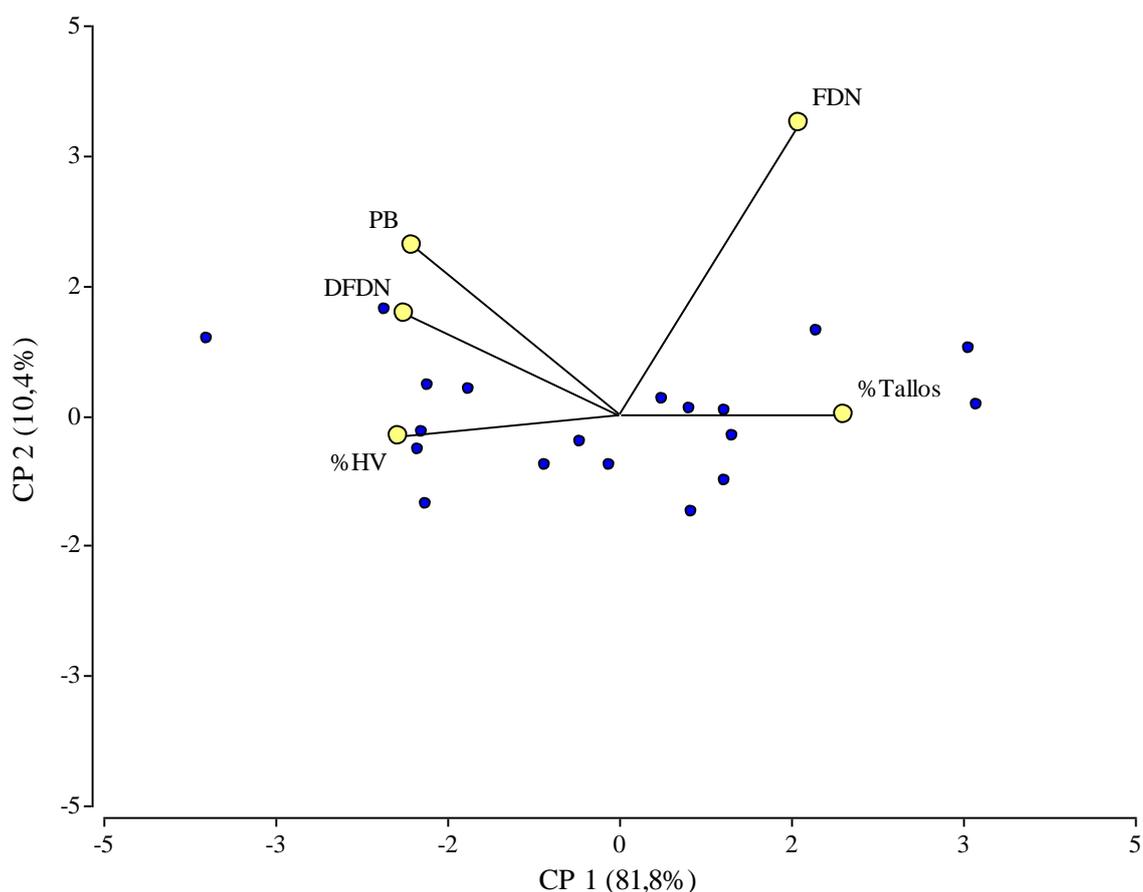


Figura 3.11. Relaciones entre el porcentaje de hojas verdes y de tallos, la fibra en detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) y digestibilidad de la fibra en detergente neutro (DFDN) al finalizar el experimento. Los puntos azules representan cada una de las cinco repeticiones de los cuatro regímenes.

En cuanto a las relaciones entre la densidad, el área foliar, la TEF, el índice de área foliar, la intercepción de la radiación y el rendimiento por corte, la CP1 y la CP2 permitieron explicar el 51.8% de la variación total. Se observó una estrecha correlación positiva entre la TEF y el área foliar, y una relación positiva entre la intercepción de la radiación, el índice de área foliar y el rendimiento por corte. También se evidenció que el IAF se relaciona positivamente con la densidad de macollos aunque de forma más débil (Fig. 3.12).

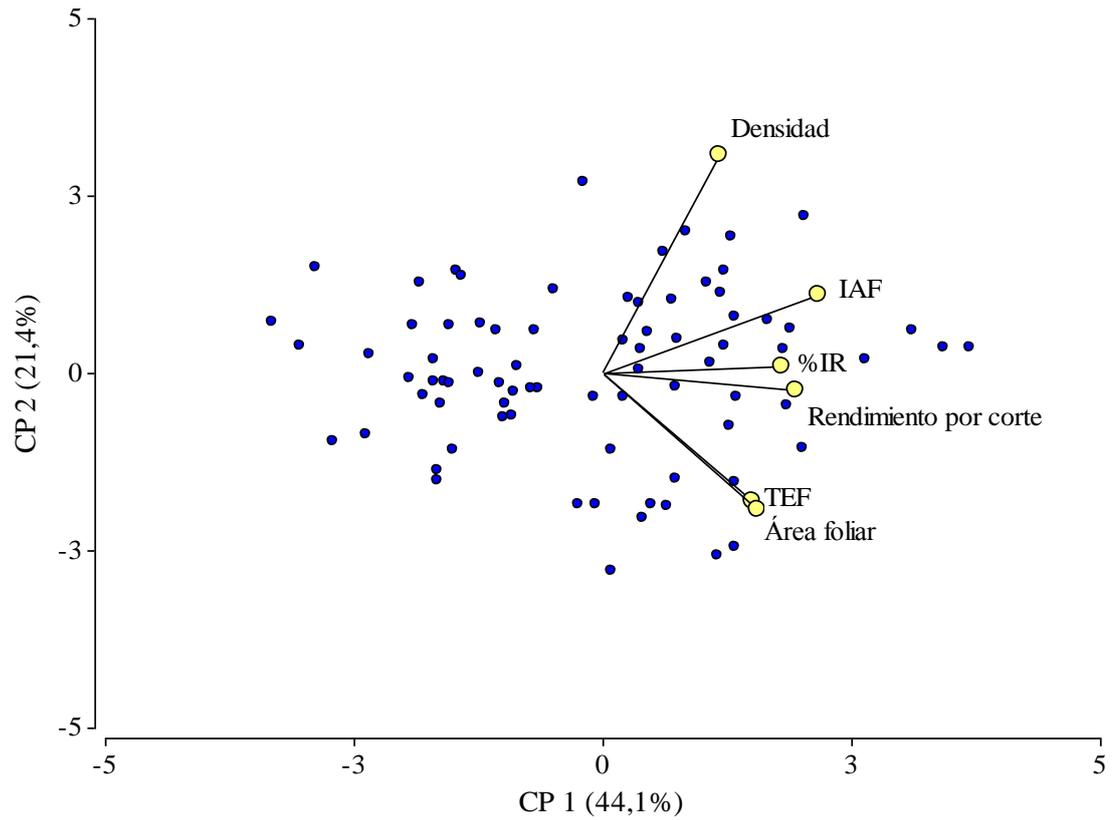


Figura 3.12. Relaciones entre la densidad, el área foliar, la tasa de elongación foliar (TEF), el índice de área foliar (IAF), intercepción de la radiación (%IR) y el rendimiento por corte. Los puntos azules representan cada una de las cinco repeticiones de los dieciséis tratamientos a lo largo del experimento.

DISCUSIÓN

Debido a que la combinación de las variables morfogénicas a nivel planta determina las características estructurales de la pastura (Chapman y Lemaire 1993), se decidió llevar a cabo una discusión conjunta de los resultados.

La tasa de aparición foliar, calculada a partir de una regresión entre la tercera y cuarta hoja en función de sumas térmicas, su inversa el filocrono y la vida media foliar, no se modificaron con los distintos tratamientos. La tasa de elongación foliar, en cambio, sí fue afectada por los tratamientos, observándose una disminución bajo defoliaciones más frecuentes.

Respecto de la TAF, si bien la estimación se llevó a cabo a nivel de hojas individuales, los resultados son consistentes con los de numerosos autores que encontraron una relación lineal positiva entre la temperatura y la TAF a nivel de macollo o, expresado de otra manera, que la TAF es constante considerada en tiempo térmico, en especies C₃ y C₄ (Joya *et al.* 2014; Berone *et al.* 2008; Lemaire y Agnusdei 2000; Chapman y Lemaire 1993; Baker *et al.* 1986; Bauer *et al.* 1984). Hume (1991) estudió en pasturas templadas seis combinaciones de tres frecuencias y dos intensidades de defoliación y observó que la TAF sólo se modificaba en el tratamiento más severo. Esto sugeriría que, al no haberse observado efecto de los tratamientos sobre la TAF, el régimen 300_1 (más severo) estaría dentro del rango de tolerancia de esta especie. Otros autores han estudiado la TAF y el filocrono a nivel de hojas individuales pero, a diferencia de lo evaluado en esta tesis, a través de las hojas sucesivas de todo el macollo, estableciendo que a medida que la planta crece, y van apareciendo más hojas (mayor IAF), la TAF disminuye (Frank y Hofmann 1989; Robson 1973). Esto se debería, en especies templadas, a las crecientes longitudes de vainas de hojas sucesivas que demoraría la aparición de una lámina nueva (Kavanová *et al.* 2006; Duru y Ducrocq 2000; Lemaire y Agnusdei 2000; Skinner y Nelson 1995; Duru *et al.* 1993). También en especies subtropicales como *Panicum coloratum* L., *Andropogon gerardii* Vitman, *Schizachyrium scoparium* (Michx.) Nash y *Panicum virgatum* L. se ha observado que la TAF disminuye con el aumento en el número de hojas debido al incremento en la longitud de la vaina (Ferri *et al.* 2006; Gillen y Ewing 1992; Van Esbroeck *et al.* 1997). En virtud de estos antecedentes, si bien en este estudio no se midió la TAF en las hojas sucesivas de todo el macollo, se podría esperar una respuesta similar en esta especie.

El filocrono promedio obtenido en *Chloris gayana* Kunth cv. Épica, 78 ± 19 GDC hoja⁻¹, se encuentra dentro del rango de valores hallados en otras especies subtropicales como *Paspalum dilatatum* Poir. (100), *Cenchrus ciliaris* L. (57-74), *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs (119), *Panicum coloratum* L. (98), *Digitaria californica* (Benth.) Henrard (57), *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi (74) y *Pappophorum caespitosum* R. E. Fr. (158), siendo expresado en grados días de crecimiento por macollo y considerando una temperatura base de 10 °C (Lattanzi 2011).

La vida media foliar tampoco registró diferencia significativa en los diferentes tratamientos, ya que cuando esta variable se expresa como tiempo térmico, su valor puede considerarse estable (Agnusdei 2013). La VMF, expresada en GDC, varía sustancialmente entre especies y cultivares (Lemaire *et al.* 2009). El valor promedio hallado en esta tesis, 415 ± 110 GDC, es superior y más variable que los 320 ± 13 GDC y 369 ± 5 GDC hallados en el cultivar diploide Finecut por Agnusdei *et al.* (2009) y Avila *et al.* (2010), respectivamente. Sin embargo, se encuentra dentro del rango de valores estimados para otras especies subtropicales como *Urochloa brizantha* (Hochst.

ex A. Rich.) R. D. Webster cv. Marandu que presenta una VMF de 417 GDC (Gonçalves 2002), *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. 700 GDC (Agnusdei 1999), *Cynodon sp.* 307 GDC (Pinto 2000), *Megathyrsus maximum* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs x *Megathyrsus infestus* (Andersson ex Peters) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs (Massai Guineagrass) 435 GDC (Martuscello *et al.* 2006) y *Cenchrus americanus* (L.) Morrone 339 GDC (Gonçalves y Quadros 2003).

Al finalizar el período de evaluación la tasa de elongación foliar fue superior en los regímenes defoliados con menor frecuencia. Este comportamiento estaría relacionado con el mayor índice de área foliar de los tratamientos cortados con menor frecuencia. Esto concuerda con Agnusdei (1999) quien, si bien realizó el estudio considerando tiempo cronológico, observó una TEF mayor en pasturas de *Paspalum dilatatum* Poir. mantenidas con un alto IAF, en relación a pasturas mantenidas con un IAF bajo. En este sentido, Lemaire (2001) expresó que el sombreado (baja relación rojo:rojo lejano) generado por un índice de área foliar alto, induciría a un aumento de la TEF. Lemaire y Agnusdei (2000) en pasturas de *Paspalum dilatatum* Poir. y *Cynodon dactylon* (L.) Pers. encontraron que la TEF se incrementaba al pasar de un bajo a un alto IAF aunque destacaron que el efecto no era claro. Berone *et al.* (2008) establecieron que la TEF a nivel de macollo aumentó 25 y 30 % en los tratamientos defoliados a una VMF (mayor IAF) en comparación con los defoliados a la mitad de la VMF (menor IAF) en pasturas de *Bromus catharticus* Vahl. var. *elata* (E. Desv.) Planchuelo y *Lolium perenne* L., respectivamente. Por otra parte, Davies (1974) indicó que en *Lolium perenne* L. la TEF no suele modificarse ante defoliaciones poco intensas (remoción de 2 o 3 hojas verdes macollo⁻¹), pero puede disminuir entre un 15-20 % ante la remoción de todas las hojas.

El número de hojas verdes por macollo no se modificó entre regímenes, mientras que el área foliar, si bien desde el punto de vista estadístico no evidenció diferencias al finalizar el ensayo, mostró menores valores, en términos absolutos, en el régimen de mayor frecuencia e intensidad. En cuanto a la densidad de macollos, si bien el mayor valor se observó en el régimen de mayor frecuencia de defoliación en el cuarto corte, no se evidenciaron diferencias significativas entre regímenes al finalizar el ensayo.

Estos resultados corroboran parcialmente lo predicho en la hipótesis 1, ya que al final el tamaño foliar (en términos absolutos) y la TEF fueron menores en el régimen de mayor frecuencia de defoliación pero no hubo diferencias entre intensidades ni se afectó la densidad de macollos.

El número de hojas verdes por macollo, al igual que la VMF y la TAF, no se modificó entre regímenes, dado que está en función de la VMF y la TAF (Lemaire y Agnusdei 2000; Chapman y Lemaire 1993). Yang *et al.* (1998) y Davies (1988) también expresaron que esta característica estructural es aproximadamente constante para cada especie en pasturas templadas. Briske (1996) señaló que la relación entre la tasa de iniciación foliar y la de senescencia mantiene un número de hojas vivas por macollo relativamente constante. Respecto a forrajeras subtropicales, Ferri *et al.* (2005) determinaron que el número de hojas verdes por macollo en *Panicum coloratum* L. es prácticamente constante, entre 5 y 6. Otros autores plantearon que esta variable también cambia entre cultivares (Borrajó y Alonso 2014).

En relación al área foliar, si bien desde el punto de vista estadístico no presentó diferencias al finalizar el ensayo, mostró menores valores, en términos absolutos, en el régimen de mayor frecuencia e intensidad. Esta tendencia es sustentada por numerosas evidencias de que a medida que la planta crece las hojas son sucesivamente más largas (Kavanová *et al.* 2006; Duru y Ducrocq 2000; Lemaire y Agnusdei 2000; Van Esbroeck *et al.* 1997; Skinner y Nelson 1995; Duru *et al.* 1993). Considerando que el crecimiento

foliar en gramíneas es fundamentalmente unidireccional (Lemaire y Chapman 1996; Nelson *et al.* 1977), esto implica mayor área foliar. Así mismo, Carlson (1966) informó que la primera hoja producida luego de la defoliación es pequeña, y las sucesivas van aumentando de tamaño hasta alcanzar el equilibrio original. Así, si la frecuencia se incrementa, el tiempo de rebrote puede no ser suficiente para una recuperación total de las hojas, y el tamaño alcanzado en tal caso disminuiría hasta lograr un nuevo equilibrio.

Al finalizar el período de evaluación no se observaron diferencias significativas en la densidad de macollos. El valor promedio alcanzado a los 1500 GDC, 807 macollos m^{-2} , es menor al informado por otros autores en la misma especie (Torres *et al.* 2014; Martínez Calsina *et al.* 2012). Esto sugeriría que la duración del experimento y el número de cortes no fueron suficientes para promover el macollaje por un efecto de cantidad y calidad de luz (Agnusdei 2013; Assuero y Tognetti 2010; Evers *et al.* 2006; Gautier *et al.* 1999) en los regímenes de defoliación más frecuentes. Torres *et al.* (2014) evaluaron la respuesta de *Chloris gayana* Kunth cv. Épica bajo pastoreo continuo a dos presiones: 5 vq ha^{-1} (AC) y 3 vq ha^{-1} (BC) y tampoco hallaron diferencias significativas en la densidad de macollos al final del primer ciclo, observando, al finalizar el segundo, un aumento significativo en el tratamiento con alta presión.

Las pasturas sometidas a regímenes de mayor frecuencia presentaron al finalizar el período de evaluación menores valores de IAF, intercepción de la radiación y producción.

Si bien el número de hojas verdes por macollo, el área foliar y la densidad de macollos, características estructurales determinantes del IAF, no mostraron diferencias estadísticamente significativas a los 1500 GDC, en términos de valores absolutos, el área foliar y la densidad fueron superiores en los regímenes menos frecuentes durante casi todo el periodo de evaluación, lo cual explicaría el mayor IAF.

Martínez Calsina *et al.* (2012) en *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut también hallaron mayor IAF e intercepción de la radiación en los tratamientos defoliados con menor frecuencia. Así mismo, estos regímenes, además de mayores IAF e intercepción de la radiación, mostraron mayor producción de materia seca, lo cual concuerda con lo informado por Tomás *et al.* (2013) en *Chloris gayana* Kunth cv. Callide.

A los 1500 GDC no hubo efecto de la intensidad de corte para la producción de materia seca. Estos resultados concuerdan con lo indicado por Quiroga *et al.* (2009), quienes no encontraron efecto significativo de las intensidades (alturas) de corte en la productividad forrajera de especies subtropicales nativas bajo distintos sistemas de pastoreo (anual rotativo, continuo y diferido). La producción promedio por corte en los regímenes de menor frecuencia (2987 ± 442 kg MS ha^{-1}) es similar a la hallada por Tomás *et al.* (2013) para *Chloris gayana* Kunth cv. Callide (tetraploide), de 3085 kg MS ha^{-1} , también bajo una frecuencia de defoliación de 500 GDC.

Si bien se efectuaron dos cortes más en la frecuencia 300 GDC, las producciones por corte no lograron compensar, al finalizar el período de evaluación, el rendimiento acumulado logrado por los regímenes menos frecuentes. Romero *et al.* (2011), a pesar de haber utilizado tiempo cronológico en vez de tiempo térmico, hallaron una tendencia similar en *Chloris gayana* Kunth cv. Callide sometida a distintas frecuencias de corte, observando producciones de biomasa acumulada superiores en los tratamientos con intervalos entre cortes mayores. Estos resultados también concuerdan, en parte, con Martínez Calsina *et al.* (2012) quienes evaluaron pasturas de *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut bajo cuatro tratamientos que combinaron dos frecuencias de defoliación (80 y 100% de intercepción lumínica) y dos intensidades (L: 0,6 y H: 1,75 de IAF remanente), y observaron rendimientos significativamente superiores en los tres tratamientos menos

severos, con respecto al de mayor frecuencia e intensidad. Da Silva *et al.* (2009) encontraron una tendencia similar en *Megathyrus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs cv. Mombaça sometido a dos frecuencias (95 y 100 % de intercepción lumínica) y dos intensidades de pastoreo (30 y 50 cm de residuo). Cedeño *et al.* (2003), en pasturas de *Cynodon sp.*, también observaron que la producción de materia seca aumentó bajo defoliaciones menos frecuentes.

Las pasturas bajo regímenes de mayor frecuencia de defoliación presentaron al finalizar el período de evaluación menores valores de IAF, intercepción de la radiación y producción, lo cual corrobora parcialmente lo predicho por la hipótesis 2, ya que no hubo efecto de la intensidad de corte.

Con respecto a los componentes del rendimiento, las pasturas defoliadas con menor frecuencia mostraron significativamente mayor proporción de tallos y menor de hojas verdes, dado que la proporción de láminas foliares tiende a disminuir a medida que se acumula forraje (Agnusdei 2013; Martínez Calsina *et al.* 2012; Da Silva *et al.* 2009). En distintas forrajeras megatérmicas también se halló un porcentaje de hojas menor en los tratamientos defoliados con menor frecuencia (Leal *et al.* 2010). En *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut el porcentaje de láminas en el tratamiento defoliado a 500 GDC (65 %) fue menor que en el defoliado a 300 GDC (73 %) (Pérez *et al.* 2014). Así mismo, en un ensayo donde se evaluaron diferentes momentos de ingreso de los animales para pastorear *Chloris gayana* Kunth cv. Callide (2, 4, 6 y 8 hojas macollo⁻¹), el rendimiento de tallo aumentó al ingresar con más de 4 hojas verdes por macollo (Pembleton *et al.* 2009). Torres *et al.* (2014) indicaron que la proporción de láminas verdes fue significativamente menor en el tratamiento con menor presión de pastoreo (0.42 vs. 0.55).

Al cumplirse la VMF aumenta la proporción de láminas secas a medida que transcurre el tiempo (Agnusdei 2013). Dado que la VMF estimada fue de 415 GDC, se explica que las pasturas defoliadas cada 300 GDC no presentaran hojas senescentes y que las cortadas cada 500 GDC sí, aunque en baja proporción. Ajustar la frecuencia de pastoreo a la VMF maximiza el aprovechamiento del forraje al optimizar la intercepción de luz por parte de las hojas y remover el tejido foliar antes de la senescencia (Fulkerson y Slack 1994; Parsons *et al.* 1988) y, si bien se reduce la biomasa producida, mejora la ganancia diaria de peso del ganado (Planisich *et al.* 2012). Las frecuencias de defoliación utilizadas en este ensayo resultaron 28 % inferior y 20 % superior a la VMF estimada, lo que sugiere que la óptima frecuencia estaría entre estos rangos.

En los tratamientos defoliados con mayor frecuencia se obtuvo mayor contenido de proteína bruta, menor de fibra en detergente neutro y mayores porcentajes de digestibilidad de esa fibra. Por lo tanto, la predicción asociada a la hipótesis 3 se corrobora parcialmente, ya que no hubo efecto de la intensidad de defoliación. Estos resultados son consistentes con los informados para pasturas templadas (Lemaire y Gastal 1997; Wilson 1997; Brock y Hay 1993). En pasturas subtropicales también se han encontrado patrones de respuesta similares. Los regímenes de defoliación más frecuentes tienden a generar hojas más cortas, las que suelen contener menor porcentaje de FDN y mayor digestibilidad en relación a hojas más largas en *Chloris gayana* Kunth y *Cenchrus ciliaris* L. (Avila *et al.* 2010). Asimismo, los regímenes más frecuentes, además de haber mostrado mayores valores de DFDN, presentaron mayor proporción de láminas verdes, lo cual concuerda con lo estudiado por Ferri (2011) en *Panicum coloratum* L. Cedeño *et al.* (2003), al evaluar distintas frecuencias de corte en *Cynodon sp.*, encontraron mayores porcentajes de PB y de digestibilidad *in vitro* de la materia

seca, y menor porcentaje de FDN, en pasturas defoliadas con mayor frecuencia. Sáenz *et al.* (2013) en *Panicum coloratum* L. también hallaron que la PB era mayor a medida que aumentaba la frecuencia de corte. Específicamente en *Chloris gayana* Kunth, Romero y Mattera (2011) en el cv. Callide observaron que el porcentaje de PB aumentaba significativamente (11, 12.1 y 13.8 %) al incrementar la frecuencia de corte (42, 35 y 28 días, respectivamente).

Los valores promedio de PB obtenidos en *Chloris gayana* Kunth cv. Épica en ambas frecuencias de defoliación son superiores, y los de FDN inferiores, a los informados para esta especie. Ferragine y Landa (2012) estudiaron la calidad nutritiva del cv. Finecut bajo defoliaciones cada 30 días durante el verano en Pehuajó, Buenos Aires, hallando valores promedio de PB y FDN de 9.7 ± 0.59 % y 67.53 ± 3.53 %, respectivamente. En el cv. Callide, Tomás *et al.* (2013) observaron en cortes cada 28 días valores promedio de PB y FDN de 13.8 % y 66 %, cada 35 días los valores fueron 12.1 % y 64.5 %, y en cortes cada 42 días observaron 11 % y 67.5 %, respectivamente. En cuanto al cv. Épica, Pérez *et al.* (2009) indicaron que suele presentar valores de 6.1% de PB en ambientes salinos.

Por lo tanto, los valores promedio hallados de PB y FDN sugerirían que el cv. Épica presenta muy buena calidad nutricional, principalmente bajo defoliaciones frecuentes. Además, el alto porcentaje de proteína hallado en todos los tratamientos podría deberse al contenido no limitante de nitrógeno disponible en el suelo durante el ensayo.

Se observó una relación positiva entre la altura previa al corte, al finalizar el período de evaluación, y la frecuencia de defoliación. Esto sugiere que se puede utilizar la altura precorte para establecer la frecuencia de pastoreo como variable de fácil aplicación práctica para los productores. En este sentido, Da Silva *et al.* (2009) evaluaron pasturas de *Megathyrus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs cv. Mombaça sometidas a dos frecuencias (95 y 100 % de intercepción lumínica) y dos intensidades de pastoreo (30 y 50 cm de residuo), y encontraron que la altura prepastoreo se mantuvo estable en todo el experimento, promediando 90 y 115 cm para 95 y 100 % IL, respectivamente. Otros autores (Zanine *et al.* 2011; Da Silva *et al.* 2009; Barbosa 2004, Meat & Livestock Australia 2004) también indicaron un potencial de manejo basado en alturas precorte como medida representativa de una estructura de pastura determinada. Sin embargo, Van Esbroeck *et al.* (1997) establecieron que la altura del macollo de *Panicum coloratum* L. variaba entre sitios de estudio y años, no pudiendo ser relacionada directamente con los GDC. Además, destacaron que, en muchas pasturas perennes, la elongación de entrenudos está sincronizada con la iniciación floral. De acuerdo a esto, la estrecha relación hallada al final del período de evaluación entre la altura precorte y la frecuencia, se ajustaría solamente en esas condiciones y fundamentalmente en ese período (otoño) donde los días cada vez más cortos inducen la floración del cv. Épica. Por lo tanto, sería interesante continuar con esta línea de investigación en condiciones de campo, bajo pastoreo. También se observó una relación positiva entre la intensidad de defoliación y la altura luego del corte, lo cual, a pesar que la intensidad de defoliación no tuvo un efecto tan marcado como la frecuencia sobre las distintas variables bajo estudio, podría utilizarse como pauta de manejo relacionada con la presión de pastoreo.

La densidad de macollos que rebrotaron en la primavera siguiente a la aplicación de los distintos regímenes fue similar en todos los tratamientos y fue superior respecto del último recuento del período de crecimiento anterior. Esto indicaría que

ninguno de los tratamientos tuvo efecto perjudicial en el rebrote primaveral, considerando la densidad de individuos como un estimador de la persistencia de la pastura (Turner *et al.* 2006).

En términos generales, la frecuencia de defoliación fue el principal factor que determinó diferencias en la estructura de la pastura. La tendencia observada a lo largo del experimento en las distintas variables permite deducir que las respuestas, tanto de las pasturas templadas como subtropicales siguen patrones análogos sujetos a variaciones en la estructura del canopeo, lo cual concuerda con lo expresado por De Moura Zanine *et al.* (2005).

Implicancias en la producción secundaria:

La estructura de la pastura repercute sobre el consumo, que es el principal determinante de la producción animal (Poppi *et al.* 1994). Así, bajos rendimientos dificultan la aprehensión de grandes bocados que permitirían alcanzar el máximo consumo de forraje (Stobbs 1973a). En este marco, las pasturas defoliadas cada 300 GDC, si bien presentaron menor producción respecto de las defoliadas cada 500 GDC, al mostrar rendimientos promedio por corte de 1340 kg MS ha⁻¹ no limitarían el consumo desde el punto de vista de la cantidad de forraje. Asimismo, las defoliaciones más frecuentes permitirían lograr estructuras de pasturas con mayor proporción de hojas y mejor calidad forrajera, al moderar el proceso de pérdida de calidad que en especies C₄ se da más rápidamente.

Por otra parte, si bien las pasturas defoliadas a 500 GDC mostraron una estructura con menor proporción de hojas y menor calidad forrajera, la producción por corte fue lo suficientemente superior como para que por hectárea, estos regímenes presenten mayor cantidad (kg MS ha⁻¹) de PB y DFDN.

Entonces, la elección de una de estas frecuencias de pastoreo posibilitaría, de acuerdo al objetivo del sistema, aumentar la ganancia diaria de peso individual de los animales o bien aumentar la producción de carne por hectárea.

CONCLUSIONES GENERALES

- La frecuencia de defoliación tuvo un efecto más determinante que la intensidad de corte.
- Los patrones de crecimiento y de conformación de estructuras de pasturas templadas también se aplican a forrajeras subtropicales.
- Las pasturas bajo regímenes de mayor frecuencia de defoliación presentaron una menor tasa de elongación foliar al finalizar el período de evaluación, en relación a los tratamientos defoliados con menos frecuencia. En cuanto al área foliar y la densidad de macollos, no se evidenciaron diferencias estadísticas.
- Los regímenes de mayor frecuencia de defoliación mostraron menores rendimientos por corte y acumulado, menor intercepción de la radiación y menor IAF al finalizar el período de evaluación, en comparación a los tratamientos cortados con menos frecuencia.
- Los regímenes de mayor frecuencia de defoliación generaron pasturas más foliosas y, por ende, con mayores porcentajes de proteína bruta y digestibilidad de la fibra en detergente neutro, y menor porcentaje de fibra en detergente neutro.
- De acuerdo al objetivo del sistema productivo se seleccionará el mejor régimen de defoliación. Si se requiere priorizar cantidad de forraje, será recomendable realizar cortes cada 500 GDC (85 cm de altura de la pastura). En caso contrario, si se requiere priorizar calidad nutritiva, las defoliaciones deberían realizarse al alcanzar los 300 GDC (53 cm de altura de la pastura).
- El rebrote primaveral en términos de densidad de macollos no mostró diferencias entre regímenes de defoliación, y en todos los casos la misma fue superior al último corte de otoño.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A. y Bucher, E. H. 2001. Overgrazing and soil carbon dynamics in the western Chaco of Argentina. *Applied Soil Ecology*, 16 (3): 243-249.
- Agnusdei, M. G. 1999. Analyse de la dynamique de la morphogenèse foliaire et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à un pâturage continu dans une communauté de la Pampa Humide (Argentine). Thèse de l'Institut Polytechnique de Lorraine, France. 108 pp.
- Agnusdei, M. G. 2013. Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 21 (1): 63-78.
- Agnusdei, M. G., Nenning, F. R., Di Marco, O. N. y Aello, M. S. 2009. Variaciones de calidad nutritiva durante el crecimiento vegetativo de gramíneas megatérmicas de diferente porte y longitud foliar (*Chloris gayana* y *Digitaria decumbens*). *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 29 (1): 13-25.
- Assuero, S. G. y Tognetti, J. A. 2010. Tillering regulation by endogenous and environmental factors and its agricultural management. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology*, 35-48.
- Avila, R. E., Di Marco, O. N., Agnusdei, M. G. y Mayoral, C. 2010. Digestibilidad de la fibra y materia seca de dos gramíneas megatérmicas (*Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*) de diferente porte: relación con la edad y largo foliar. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 30 (1): 1-13.
- Avila, R. E., Di Marco, O. y Agnusdei, M. 2012. Calidad nutritiva de láminas de *Chloris gayana* en estado vegetativo. Efecto de la reducción del tamaño foliar y envejecimiento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 20 (1-2): 17-27.
- Baker, J. T. Pinter, P. J., Reginato, R. J. y Kanemasu, E. T. 1986. Effect of temperature on leaf appearance rate in spring and winter wheat cultivars. *Agron. J.*, 78: 605-613.
- Barbosa, R. A. 2004. Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em Capim-Tanzania (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania) submetido a frequências e intensidades de pastejo. Tesis Doctoral. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 119 pp.
- Batistoti, C. Lempp, B., Jank, L., Morais, M., Cubas, A. C., Gomes, R. A. y Ferreira, M. V. B. 2012. Correlations among anatomical, morphological, chemical and agronomic characteristics of leaf blades in *Panicum maximum* genotypes. *Animal Feed Science and Technology*, 171: 173-180.
- Bauer, A., Frank, A. B. y Black, A. L. 1984. Estimation of spring wheat leaf growth rates from air temperature. *Agron. J.*, 76: 829-835.
- Benvenuto, M. A. y Cangiano, C. A. 2011. Características de las pasturas y su relación con el comportamiento ingestivo y consumo en pastoreo. Pp. 259-290 en Cangiano, C. A. y Brizuela, m. A. (eds.) *Producción Animal en Pastoreo*. Ediciones INTA, Argentina.
- Berone, G. D., Lattanzi, F. A., Agnusdei, M. G. y Bertolotti, N. 2008. Growth of individual tillers and tillering rate o *Lolium perenne* and *Bromus stamineus* subjected to two defoliation frequencies in winter in Argentina. *Grass and Forage Science*, 63: 504-512.

- Bircham, J. S. y Hodgson, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*, 38: 323-331.
- Bogdan, A. V. 1969. *Chloris gayana* without anthocyanin colouration. *Herb. Abstr. Hurley Berks*, 39: 1-13.
- Borrajo, C. I. y Alonso, S. I. 2014. Vida foliar y número de hojas por macollo en materiales de agropiro: efecto de la fenología, temperatura y nitrógeno. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34 (1): 133.
- Bremmer, J. y Breitenke, G. 1983. A simple method for the determination of ammonium in semimicrokjeldahl analysis of soil and plant material using a block digester. *Soil Sci., Plant Anal.*, 14 (10): 905-913.
- Briske, D. D. 1986. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. Pp. 425-427 en Joss, P.J., Lynch, P.W. y Williams, O.B. (eds.) *Rangelands: A Resource Under Siege*. Cambridge University Press, Sydney.
- Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. Pp. 85-108 en Heitschmidt, R. K. y Stuth, E. W. (eds.) *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, OR.
- Briske, D. D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. Pp. 37-68 en Hodgson, J., Illius, A. W. (eds.) *The ecology and management of grazing systems*. CAB International, Wallingford.
- Brock J. L. and Hay R. J. M. (1993). An ecological approach to forage management. *Grasslands for our World*, 258-263.
- Bucher, E.H. y Saravia Toledo, C. 2001. Restauración y manejo sustentable del Gran Chaco. Pp. 579-580 en Primack, R., Roiz, R., Feinsinger, P., Dirzo, R. y Massardo, F. (eds.) *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Buxton, D. R. y Redfearn, D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *J. Nutr.*, 127: 814-818.
- Carlson, G. E. 1966. Growth of white clover leaves after leaf removal. *Proceedings of the X International Grassland Congress*, 134-139.
- Casal, J. J., Sanchez, R. A. y Gibson, D. 1990. The significance of changes in the red/far-red ratio, associated with either neighbour plants or twilight, for tillering in *Lolium multiflorum* Lam. *New Phytol.*, 116: 565-572.
- Cedeño, J. A. G., Rocha, G. P., Pinto, J. C., Muniz, J. A. y Gomide, E. M. 2003. Efeito da idade de corte na performance de três forrageiras do gênero *Cynodon*. *Ciencias agrotecnicas*, 27 (2): 462-470.
- Chapman, D. F. y Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congreso*, 95-104.
- Cooper, J. P. y Edwards, K. J. R. 1961. The genetic control of leaf development in *Lolium*. 1. Assessment of genetic variation. *Heredity* 16: 63-82.
- Cornacchione, M. V., Pérez, H. E. y Fumagalli, A. E. 2007. Efecto del cultivar y frecuencia de defoliación sobre la producción, composición y calidad de *Chloris gayana*. 30° Congreso Arg. de Prod. Animal, 27 (1): 222-224.
- Cowan, R. T., Moss, R. J. y Kerr, D. V. 1993. Northern dairy feedbase 2001. 2. Summer feeding systems. *Tropical Grasslands*, 27: 150-161.
- Cruz, P. y Boval, M. 2000. Effect of nitrogen on some morphological traits of temperate and tropical perennial forage grasses. Pp. 151-168 en Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, H., Nabinger, C. y Carvalho, P. (eds.) *Grassland*

Ecophysiology and Grazing Ecology of Natural Grasslands, CAB International, Wallingford (UK).

- Da Silva, S. C. 2004. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. II Symposium on Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, Curitiba, PR, Brazil, 11-14.
- Da Silva, S. C., De Oliveira Bueno, A. A., Carnevalli, R. A., Castro Uebele, M., Oliveira Bueno, F., Hodgson, J., Matthew, C., Arnold, G. C. y Gomes de Moraes, J. P. 2009. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaca subjected to rotational stocking management. *Sci. Agric.*, 66 (1): 8-19.
- Dale, J. E. 1982. Some effects of temperature and irradiance on growth of the first four leaves of wheat *Triticum aestivum*. *Annals of Botany*, 50: 851-858.
- Davies A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 82: 165-172.
- Davies, A. 1971. Changes in growth rate and morphology of perennial ryegrass swards at high and low nitrogen levels. *J. Agric. Sci., Camb.* 77, 123-134.
- Davies, A. 1988. The regrowth of grass swards. Pp. 85-127 en Jones, M. B., Lazenby, A. (ed.) *The grass crop*. Chapman & Hall, London.
- Davies, A., Evans, M. E. y Exley, J. K. 1983. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. *Journal of Agricultural Science*, 101: 131-137.
- De León, M. 1998. Bovinos para carne: Regiones NEA-NOA- Semiárida y Patagónica. Guía Práctica de Ganadería Vacuna. Editorial INTA, Tomo II. Buenos Aires.
- De León, M. 2004. Ampliando la frontera ganadera. Informe técnico N° 1. INTA EEA Manfredi. Proyecto Ganadero Regional, Argentina.
- De León, M. 2008. Cómo mejorar la ganadería subtropical con pasturas megatérmicas. *AgroMercado: Cuadernillo clásico de forrajeras* N° 143.
- De León, M., Peuser, R. A., Boetto, C. G., Luna Pinto, G. y Bulashevich, M. C. 1995. Efecto del genotipo y la frecuencia de defoliación sobre la producción de materia seca en gramíneas megatérmicas cultivadas. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 12 (1): 226-228.
- De Moura Zanine, A., Santos, E. M., de Oliveira, J. S. y de Jesus Ferreira, D. 2005. Modernas estratégias no manejo do pastejo das gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Cynodon*. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 6 (11).
- De Oliveira Bueno, A. A. 2003. Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pastos de Capim-Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente. Tese (Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 124 pp.
- Deregibus V. A., Sánchez R. A. y Casal J. J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium spp.* *Plant Physiology*, 72: 900-912.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2008. *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Di Rienzo, J. A., Guzmán A. W., Casanoves F. 2002. A multiple comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological and Environment Statistics*, 7 (2): 1-14.

- Duru, M. 1987. Croissance hivernale et printanière de prairies, permanents pâturées en montagne. II. Variation de la croissance et de la composition chimique. *Agronomie*, 7: 41-50.
- Duru, M. y Ducrocq, H. 2002. A model of lamina digestibility of orchard grass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Sci.*, 42: 214-223.
- Duru, M., Feuillerac, E. y Ducrocq, H. 1999. In vitro digestibility response of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) to growth and defoliation: a simple model. *J. Agric. Sci.*, 133: 379-388.
- Duru, M., Justes, E., Langlet, A. y Tirily, V. 1993. Comparaison des dynamiques d'apparition et de mortalité des organes de fétuques élevée, dactyle et luzerne (feuilles, talles et tiges). *Agronomie*, 13: 237-252.
- Duru, M., y Ducrocq, H. 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. *Annals of Botany*, 85 (5): 635-643.
- Ehrlich, W. H., Cowan, R. T. y Lowe, K. F. 2003. Managing rhodes grass (*Chloris gayana*) cv. Callide to improve diet quality. 1. Effects of age of regrowth, strip grazing and mulching. *Tropical Grasslands*, 37: 33-44.
- Elizalde, J. y Riffel, S. L. 2016. Algunas consideraciones sobre la utilización de pasturas megatérmicas. Jornada a campo del IPCVA, Cruz del Eje, Córdoba.
- Evers, J. B., Vos, J. Andrieu, B. y Struik, P. C. 2006. Cessation of tillering in spring wheat in relation to light interception and red: far red ratio. *Annals of Botany*, 97: 649-658.
- Ferragine, M. D. C. y Landa, L. T. 2012. Forrajeras megatérmicas en sistemas de cría bovina de la región Pampeana. Comunicación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32 (1): 292.
- Ferri, C. M. 2011. Relaciones entre composición química y estructura de *Panicum coloratum* L. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (1): 503.
- Ferri, C. M., Brizuela, M. A., Cid, M. S. y Stritzler, N. P. 2005. Estructura del forraje diferido de mijo perenne y dinámica de acumulación de hojas. *Boletín de divulgación técnica. INTA EEA Anguil*, (88).
- Ferri, C. M., Brizuela, M. A., Cid, M. S. y Stritzler, N. P. 2006. Dinámica de acumulación de láminas foliares y estructura del forraje diferido de *Panicum coloratum* L. *Agricultura Técnica*, 66 (4): 376-384.
- Flora Argentina. Available at: <http://www.floraargentina.edu.ar>.
- Frank, A. B. y Hofmann, L. 1989. Relationship among grazing management, growing degree-days, and morphological development for native grasses on the Northern Great Plains. *J. Range Manage.*, 42: 199-202.
- Fulckerson, W. J. y Slack, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 1 Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. *Grass and Forage Science*, 49: 373-377.
- 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 J. Agric. Res.* 41: 261-275.
- Fumagalli, A., y Cornacchione, M. 2001. Engorde de novillos sobre Gatton panic. *Génesis*, 19 (60).
- Gastal, F. y Nelson, C. J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant physiology*, 105 (1): 191-197.

- Gautier, H., Varlet-Grancher, C. y Hazard, L. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*, 83: 423-429.
- Gillen, R. L. y Ewing, A. L. 1992. Leaf development of native bluestem grasses in relation to degree-day accumulation. *Journal of Range Management*, 200-204.
- Goering, H. K., Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. Agricultural Research Service. US Department of Agriculture Handbooks N° 379. Agric. Rev. Service, USDA.
- Goncalvez, A. C. 2002. Morphogenetic characteristics and defoliation patterns in Marandu grass pastures submitted to continuous stocking regimes. M. Sc. Dissertation. Piracicaba, Brazil: University of Sao Paulo, ESALQ. [Available at <http://www.teses.usp.br>, accessed on 30 August 2009].
- Goncalvez, E. N. y Quadros F. L. F. 2003. Pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) morphogenesis under grazing by heifers with or without supplementation. *Ciencia Rural*, 33: 1123-1128.
- Groot, J. C. y Neuteboom, J. H. 1997. Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *J. Sci. Food Agric.*, 75: 227-236.
- Hirata, M, y Pakiding, W. 2002. Dynamics in tiller weight and its association with herbage mass and tiller density in a bahía grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical grasslands*, 36: 24-32.
- Hodgson J., Rodriguez Capriles J. M. y Fenlon J. S. 1977. The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves. *Journal of Agricultural Science*, 89: 743-750.
- Hodgson, J. 1986. Grazing behaviour and herbage intake. Pp. 51-64 en Frame, J. (ed.) *Grazing*. British Grassland Society Occasional Symposium N° 19.
- Hume, D. E. 1991. Effect of cutting on production and tillering in prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth) compared with two ryegrass (*Lolium*) Species. 1. Vegetative plants. *Annals of Botany*, 67 (6): 533-541.
- Humphreys, L. R. 1981. Environmental adaptation of tropical pasture plants. MacMillan Publishers Ltd., 261. London, UK.
- Imaz, J. A., Merani, V., Giménez, D. O., Grimoldi, A. A. y Striker, G. G. 2012. Efecto protector del forraje diferido de otoño sobre el rebrote primaveral de dos forrajeras megatérmicas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32 (1): 272.
- Ivory, D. A. y Whiteman, P. C. 1978. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. I. Effect of day and night temperature on growth and morphological development. *Aust. J. Plant Physiol.*, 5: 131-148.
- Jauregui, J. M., Zabala, J. M., Baudracco, J., Dimundo, C. y Lovino, D. 2012. Producción y valor nutritivo de gramíneas C4 en el primer año de crecimiento. Comunicación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32 (1): 354.
- Jones, C.A. 1985. C4 grasses and cereals: growth, development and stress response. Wiley & Sons. eds., New York, US.
- Joya, M. R., Piccini, M., Ferri, C. M. y Sáenz, A. M. 2014. Tasa de aparición de hojas en cultivares de *Avena spp.* *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34 (1): 172.
- Juan, N. A., Pordomingo, A. B., Petruzzi, H. J. y Ruiz, M. A. 2012. Análisis del valor nutritivo de gramíneas perennes megatérmicas utilizando tecnología NIRS. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32 (1): 314.

- Kavanová, M., Grimoldi, A. A., Lattanzi, F. A. y Schnyder, H. 2006. Phosphorus nutrition and mycorrhiza effects on grass leaf growth. P status and size-mediated effects on growth zone kinematics. *Plant, Cell Environ.*, 29: 511-520.
- Klepper, B., Rickman, R. W. y Peterson, C. M. 1982. Quantitative characterization of vegetative development on small cereal grains. *Agron. J.*, 74: 789-792.
- Lafarge, M. y Loiseau, P. 2002. Tiller density and stand structure of tall fescue swards differing in age and nitrogen level. *European Journal of Agronomy*, 17: 209-219.
- Lattanzi, F. A. 2011. Crecimiento de plantas forrajeras. Pp. 63-86 en Cangiano, C. A. y Brizuela, m. A. (eds.) *Producción Animal en Pastoreo*. Ediciones INTA, Argentina.
- Lauer, J. G. y Simmons, S. R. 1989. Canopy light and tiller mortality in spring barley. *Crop Science*, 29: 420-424.
- 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. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (1): 362-363.
- Lemaire G. y Agnusdei M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. Pp. 265-287 en Lemaire G., Hodgson J., Moraes A., Nabinger C. y Carvalho P. C. de F. (eds.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Editorial CAB International, UK.
- Lemaire G. y Chapman D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. Pp. 3-36 en Hodgson J. y Illius A. W. (eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Editorial Cab. International.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *International Grassland Congress, São Paulo*, 19: 29-37.
- Lemaire, G. y Gastal, F. 1997. Nitrogen uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, 53: 789-799.
- Lemaire, G., Da Silva, S. C., Agnusdei, M., Wade, M., y Hodgson, J. 2009. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. *Grass and Forage Science*, 64 (4): 341-353.
- Loch, D. S. 1980. Seed assures the future of Callide Rhodes. *Queensland Agricultural Journal*, 106: 183-187.
- Lodge, G. M., McCormick, L. H. y Roworth, B. R. 2009. Seed yield, dormancy and seedling survival of some perennial tropical grasses in northern New South Wales. *Proceedings of the 24th Annual Conference of the Grassland Society of NSW*, 90-93.
- Martín, G. O. 2010. Pasturas cultivadas para el NOA: Grama Rhodes. *Producir XXI*, Buenos Aires. 18 (219): 48-52.
- Martínez Calsina, L., Agnusdei, M. G., Assuero, S. G. y Pérez, H. 2012. Size/density compensation in *Chloris gayana* Kunth cv. Fine Cut subjected to different defoliation regimes. *Grass and Forage Science*, 67 (2): 255-262.
- Martuscello, L. A., Fonseca D. M., Nascimento D. Jr., Santos, P. M., Cunha, D. N. F. V. y Moreira L. M. 2006. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35: 665-671.
- Matthew, C. Assuero, S. G. Black, C. K. y Sackville Hamilton, N. R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. In: Lemaire, G., Hodgson, J. de Moraes, A., Carvalho,

- P. C. de F. y Nabinger, C. (Eds). Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, CAB International, Wallingford, 127-150.
- Matthew, C., Lemaire, G., Sackville Hamilton, N. R. y Hernández Garay, A. 1995. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. *Annals of Botany*, 76: 579-587.
 - Matthew, C., Yang, J. Z. y Potter, J. F. 1999. Determination of tiller and root appearance in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) swards by observation of the tiller axis, and potential application to mechanistic modeling. *New Zealand Grassland Association*, 50: 1-10.
 - Meat & Livestock Australia. 2004. Pasture utilization. [Available at <http://mbfp.mla.com.au/Pasture-utilisation>].
 - Mertens, D. 1993. Importance of the detergent system of feed analyses for improving animal nutrition. *Proceedings Cornell Nutr. Conf.*, 25-36.
 - Nascimento Jr, D. y Adese, B. 2004. Acumulo de biomassa na pastagem. In: II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. UFV, Anais, Viçosa.
 - Nascimento Jr, D., Da Silva, S. C. y Adese, B. 2004. Future perspectives for the use of grass species for grazing purposes. *Proc. Annual Meeting of Brazilian Society of Animal Science*, 41th., Campo Grande, Brazil, 130-141.
 - Nelson, C. J. 2000. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. Pp. 101-126 en Lemaire, G., Hodgson, J., De Moraes, A., Carvalho P. C. y Nabinger, C. (eds.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International, Brazil.
 - Nelson, C. J., Asay, K. H. y Sleper, D. A. 1977. Mechanisms of canopy development of tall fescue genotypes. *Crop Science*. 17: 449-452.
 - Oba, M. y Allen, M. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82: 589-596.
 - Oscar Pemán & Asociados S. A. Available at: <http://www.peman.com.ar/>.
 - Parsons, A. J., Johnson, I. R., y Harvey, A. 1988. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass and Forage Science*, 43: 49-59.
 - Pembleton, K. G., Lowe, K. F. y Bahnisch, L. M. 2009. Utilising leaf number as an indicator for defoliation to restrict stem growth in Rhodes Grass (*Chloris gayana*) cv. Callide. *Tropical Grasslands*, 43: 79-85.
 - Pérez, H. E., Luchina, J. Martínez Calsina, L., Taleisnik, E., Erazzú, L. E. y Lara, J. E. 2014. Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv. Finecut en ambientes salinos: 2. Frecuencia de defoliación. *Rev Arg. Prod. Anim.* 34 (1): 145.
 - Pérez, H. E., Taleisnik, E., Díaz, D. y Pemán R. 2009. Development of a tetraploid salt-tolerant *Chloris gayana* cultivar. Simposio Internacional sobre Mejoramiento de Forrajeras, Brasil.
 - Pérez, H.E. 2005. Características de las especies forrajeras adaptadas a las condiciones del NO del país. *Jornada Forrajes*, Córdoba, 35-42.
 - Pinto, L. F. M. 2000. Dynamics of dry matter accumulation in *Cynodon spp.* Swards under grazing. M.Sc. diss. Piracicaba, Brazil: Univ. of Sao Paulo, ESALQ. [available at <http://www.teses.usp.br>, accessed on 30 August 2009].
 - Planisich, A., Agnusdei, M. G. y Di Marco, O. N. 2012. Ganancia de peso de novillos pastoreando agropiro alargado manejado en base a indicadores ecofisiológicos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32 (1): 281.

- Poppi, D. P., Gill, M. and France, J. 1994. Integration of theories of intake regulation in growing ruminants. *J. Theor. Biol.* 167: 129-145.
- Quiroga, R. E., Blanco, L. J., Namur, P. R. y Oriente, E. L. 2009. Producción forrajera bajo intensidades y sistemas de pastoreo simulados en gramíneas del Chaco Árido. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 29 (1): 529-530.
- Rearte, D. 2007. La producción de carne en Argentina. Programa Nacional de Carnes. INTA Balcarce. Pp 25.
- Rearte, D. 2010. Situación actual y prospectiva de la producción de carne vacuna. Programa Nacional Carnes, INTA.
- Robson, M. J. 1973. The effect of temperature on the growth of S170 tall fescue. II. Independent variation of day and night temperature. *Journal of Applied Ecology*, 10: 93-105.
- Romero, L. A. y Mattera, J. 2011. Proteína bruta de forrajeras megatérmicas bajo distintas frecuencias de corte. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (1): 562.
- Romero, L. A., Mattera, J. y Cuatrín, A. L. 2011. Producción de forrajeras megatérmicas bajo distintas frecuencias de corte. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (1): 564.
- Rossi, C. A. 2010. El Sistema Silvopastoril en la Región Chaqueña Árida y Semiárida Argentina. Publicado en: www.aiza.org.ar
- Sáenz, A. M., Jouve, V. V., Murcia, M. G. y Ferri, C. M. 2013. Concentración proteica y acumulación de materia seca en *Panicum coloratum*. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 33 (1): 257.
- Saldanha S., Cechini A. y Bentancur O. 2013. Variables morfológicas y estructurales de cinco cultivares de *Lolium sp.* *Agrociencia Uruguay*, Montevideo, 17 (2): 110-120.
- 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.
- Sbrissia, A. F., Da Silva, S. C., Matthew, C., Carvalho, C. A. B., Carnevalli, R. A., Moura Pinto, L. F., Fagundes, J. L. y Pedreira C. G. S. 2003. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 1459-1468.
- Silsbury, J. H. 1970. Leaf growth in pasture grasses. *Tropical Grasslands*, 4 (1): 17-36.
- Skinner, R. H. y Nelson, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop. Sci.*, 35: 4-10.
- Sparkes, D. L., Holme, S. J. y Gaju, O. 2006. Does light quality initiate tiller death in wheat? *European Journal of Agronomy*, 24: 212-217.
- Stobbs, T. H. 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows in tropical grass and legume pastures. *Tropical Grasslands*, 4: 237-244.
- Stobbs, T. H. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 24 (6): 809-819.
- Stobbs, T. H. 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal of Agricultural Research* 24 (6): 821-829.

- Stoddart, J. L., Thomas, H., Lloyd, E. J. y Pollack C. J. 1986. The use of a temperature-profiled position transducer for the study of low temperature growth in Graminae. *Planta* 167: 359-363.
- Theurer, C. B. 1969. Determination of botanical and chemical composition of the grazing animal's diet. Proc. National Conf. on Forage Quality Evaluation and Utilization, 1-20.
- Thurbon, P. N., Cowan, R. T. y Chopping, G. D. 1971. Animal utilization aspects of pasture and forage crop management in tropical Australia. *Tropical Grasslands*, 5: 159-170.
- Tomás, M. A., Lacopini, M. L., Mattera, J. y Romero, L. A. 2013. Producción inicial de *Chloris gayana* y *Brachiaria sp.* en la región central de Santa Fe. Jornada de Forrajeras Tropicales, INTA EEA Rafaela, 34-35.
- Toranzos, M. 2003, Volver al origen: el aprovechamiento de las pasturas tropicales. Congreso Mundial de Bradford.
- Torres, J. C., Pérez, P. G., Pérez, H. E., Lara, J. E. y Martínez Calsina, L. 2014. Evaluación de dos presiones de pastoreo en pasturas de *Chloris gayana* (Kunth) cv. Épica INTA-Pemán. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34 (1): 203.
- Turner, L. R., Donaghy, D. J., Lane, P. A. y Rawnsley, R. P. 2006. Effect of defoliation management, based on leaf stage on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science*, 61: 164-174.
- Valdez, H. A. 2015. Alternativas de uso del forraje diferido y reservas en sistemas ganaderos. Sociedad Rural Ganadera del Norte.
- Valdez, H. A. 2013. Manejo alternativo del recurso forrajero para estabilizar la producción de carne en un sistema de cría en el semiárido serrano del norte de Córdoba.
- Van Esbroeck, G. A., Hussey, M. A. y Sanderson, M. A. 1997. Leaf appearance rate and final leaf number of Switchgrass Cultivars. *Crop Science*, 37: 864-870.
- Van Soest, P.J., Wine, R.H., Moore, L.A., 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. Proceedings of the Xth International Grassland Congress, Finland Grassland Association, Helsinki, 438–441.
- Vine, D. A. 1983. Sward structure changes within a perennial ryegrass sward: leaf appearance and death. *Grass and Forage Science*, 38: 231-242.
- Wade, M. H. y Agnusdei, M. G. 2002. Factores del crecimiento y del manejo que determinan la estructura de las pasturas. Taller: Bases para el manejo del pastoreo, 25° Congreso Arg. Prod. Anim.
- Wilcox, D., Dove, B., McDavid, D. y Greer, D. 2002. Image Tool for Windows, version 3.0. The University of Texas, Health Science Center in San Antonio, Texas, USA.
- Wilhelm, W. W., y McMaster, G. S. 1995. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science*, 35 (1): 1-3.
- Wilhelm, W.W. y Nelson, C. J. 1978. Leaf growth, leaf ageing, and photosynthetic rate of tall fescue genotypes. *Crop Science*, 18: 769-772.
- Wilson, J. R. 1976a. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I. Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27: 343-354.

- Wilson, J. R. 1976b. Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. Australian Journal of Agricultural Research, 27: 355-364.
- Wilson, J. R. 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. J. Agric. Sci. Camb., 122: 173-182.
- Wilson, J. R. 1997. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. Simposio internacional sobre produção animal em pastejo. Viçosa, MG. Anais Viçosa, MG: UFV. 173-208.
- Yang, J. Z., Matthew, C. y Rowland, R. E. 1998. Tiller axis observations for perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*): number of active phytomers, probability of tiller appearance, and frequency of root appearance per phytomer for three cutting heights. New Zealand Journal of Agricultural Research, 41: 11-17.
- Zanine, A. M., Nascimento Júnior, D., Santos, M. E. R., Pena, K. S., Da Silva, S. C. y Sbrissia, A. F. 2011. Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tanzânia sob pastejo rotativo. Revista Brasileira de Zootecnia, 40 (11): 2364-2373.

APÉNDICE 1

|  INTA - E.E.A. MANFREDI LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO Y AGUA ANALISIS DE SUELO | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|------|------------|---------------|
| Fecha recepción | 19/12/2014 | Fecha Informe: | 30/12/2014 | | | | | | |
| Remitente | Ing. Agr. Soledad Roulo | | | | | | | | |
| Productor | INTA Manfredi | | | | | | | | |
| Localidad | Manfredi | | | | | | | | |
| Departamento | Río II | | | | | | | | |
| Provincia | Cba | | | | | | | | |
| Identificación | Profundidad cm | N° Laboratorio | %CO g/100 g suelo | %MO g/100 g suelo | %NI g/100 g suelo | Pe ppm | pH | CE dS/m | N-NO3- ppm |
| | 0-20 | 14S424 | 4,30 | 7,41 | 0,50 | 199 | 7,39 | 9,90 | 111,8 |
| Parámetro | Valores de Referencia | | | | | | | | |
| Reacción (pH): (relación suelolagua: 2.5) | < 5 (muy ácida); 5,1-5,5 (ácida); 5,5-6,0 (moderadamente ácida); 6,1-6,5 (ligeramente ácida); 6,3-7,3 (neutra); 7,4-7,8 (ligeramente alcalina); 7,9-8,4 (moderadamente alcalina); 8,5-9,0 (alcalina); >9 (muy alcalina) | | | | | | | | |
| Cond. Eléctrica (CE): (relación suelolagua: 2.5) x 5 | < 2 (no salino); 2,1-4 (ligeramente salino); 4,1-6 (moderadamente salino); 6,1-8 (salino) | | | | | | | | |
| Materia Orgánica (MO%): (Walkley & Black) | < 1 % (muy bajo contenido); 1,1-1,5 % (bajo contenido); 1,5-2,5 % (moderado contenido); 2,5-3,5 % (buen contenido); > 3,5 % (muy buen contenido) | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total (N total %): (Kjeldahl) | < 0,058 % (muy bajo contenido); 0,058-0,087% (bajo contenido); 0,088-0,145% (moderado contenido); 0,146-0,200% (buen contenido); > 0,200% (muy buen contenido) | | | | | | | | |
| Nitrógeno de Nitratos (N-NO3-): (Fenildisulfónico) | < 5 (muy baja disponibilidad); 5,1-15,0 (baja disponibilidad); 15,1-20,0 (moderada disponibilidad); >20 (buena disponibilidad) | | | | | | | | |
| Fósforo Extractable (Pe): (Bray y Kurtz 1) | < 5,0 (muy poco provisto); 5,1-12,0 (poco provisto); 12,1-20,0 (moderadamente provisto); 20,1-30 (bien provisto); > 30 (muy bien provisto) | | | | | | | | |

Análisis de suelo de los bolsones correspondiente al día 19 de diciembre de 2014.

|  | | INTA -E.E.A. MANFREDI LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO Y AGUA ANALISIS DE SUELO | | | | | | | |
|---|--|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|------|------------|---------------|
| Fecha recepción | 09/02/2015 | Fecha Informe: | 13/03/2015 | | | | | | |
| Remitente | Ing. Agr. Soledad Roulo | | | | | | | | |
| Productor | Grama | | | | | | | | |
| Localidad | Manfredi | | | | | | | | |
| Departamento | Río Segundo | | | | | | | | |
| Provincia | Cba | | | | | | | | |
| Identificación | Profundidad cm | N° Laboratorio | %CO g/100 g suelo | %MO g/100 g suelo | %Nt g/100 g suelo | Pe ppm | pH | CE dS/m | N-NO3- ppm |
| Macetones Grama | 0-20 | 14S014 | 3,06 | 5,28 | 0,28 | 230 | 6,92 | 7,65 | 122,9 |
| Macetones Grama | 20-40 | 14S015 | - | - | - | - | 6,79 | 8,50 | 104,5 |
| Parámetro | Valores de Referencia | | | | | | | | |
| Reacción (pH): (relación suelo/agua: 2,5) | < 5 (muy ácida); 5,1-5,5 (ácida); 5,6-6,0 (moderadamente ácida); 6,1-6,5 (ligeramente ácida); 6,6-7,3 (neutra); 7,4-7,8 (ligeramente alcalina); 7,9-8,4 (moderadamente alcalina); 8,5-9,0 (alcalina); >9 (muy alcalina). | | | | | | | | |
| Cond. Eléctrica (CEe): (relación suelo/agua: 2,5) x 5 | < 2 (no salino); 2,1-4 (ligeramente salino); 4,1-6 (moderadamente salino); 6,1-8 (salino); | | | | | | | | |
| Materia Orgánica (MO%): (Walkley & Black) | < 1 % (muy bajo contenido); 1,1-1,5 % (bajo contenido); 1,6-2,5 % (moderado contenido); 2,6-3,5 % (buen contenido); > 3,5 % (muy buen contenido). | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total (N total %): (Kjeldahl) | < 0,058 % (muy bajo contenido); 0,058-0,087 % (bajo contenido); 0,088-0,145 % (moderado contenido); 0,146-0,200 % (buen contenido); > 0,200 % (muy buen contenido). | | | | | | | | |
| Nitrógeno de Nitratos (N-NO3-): (Fenildisulfónico) | < 5 (muy baja disponibilidad); 5,1-12,0 (poco provisto); 12,1-20,0 (moderadamente provisto); >20 (buena disponibilidad). | | | | | | | | |
| Fósforo Extractable (Pe): (Bray y Kurtz 1) | < 5,0 (muy poco provisto); 5,1-12,0 (poco provisto); 12,1-20,0 (moderadamente provisto); 20,1-30 (bien provisto); > 30 (muy bien provisto). | | | | | | | | |

Análisis de suelo de los bolsones correspondiente al día 2 de febrero de 2015.