

Efecto de distintos regímenes de defoliación sobre la producción y el valor nutritivo en  
*Megathyrus maximus* en dos sistemas productivos contrastantes

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

Lértora, Raúl Darío  
Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional del Nordeste - 2013

Lugar de trabajo: INTA Sáenz Peña, Chaco



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

## **COMITÉ CONSEJERO**

Director de Tesis

**Fernández, Juan Alfredo**

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional del Nordeste)  
M.Sc. en Producción Vegetal (Universidad Nacional de Mar del Plata)

Co-Directora de Tesis

**Jacobo, Elizabeth Juliana**

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)  
M.Sc. en Recursos Naturales (Universidad de Buenos Aires)  
Doctora en Agroecología (Universidad Nacional de Colombia)

Consejero

**Chiossone, José Luciano**

Ingeniero Agrónomo  
M.Sc. en Producción Vegetal (Universidad Nacional del Nordeste)

## **JURADO DE TESIS**

**Druille, Magdalena**

Doctora en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

**Fernández Pepi, María Gabriela**

Doctora en Ciencias Biológicas (Universidad de Buenos Aires)

**Grimoldi, Agustín Alberto**

Doctor en Ciencias Agrarias (Chair of Grassland Science, Technische Universität  
München, Freising-Weihenstephan, Alemania)

Fecha de defensa de la tesis: 16 de Noviembre de 2023

## DEDICATORIA

A mi hija Lucía.

A mis padres Elvira y Raul.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo incondicional.

A mi Director de tesis Juan Alfredo Fernández y Co-directora Elizabeth Jacobo por su tiempo, paciencia y colaboración.

A José Chiossone por sus constantes enseñanzas.

A Belén Carranza por su acompañamiento y ayuda en distintos momentos.

A mis colegas Astor López, Florencia Roldán, Zilli Alex, Belén Burdyn, Joselo Llamas, Julieta Rojas, Jorge Cena, Ruolo Soledad por poner su tiempo y esfuerzo para ayudarme.

A mi tía Susana por su apoyo brindado.

A INTA por permitirme realizar la Maestría.

A la UNNE y a la cátedra de Química analítica por abrirme sus puertas para realizar los análisis de laboratorio.

A mis amigos de la maestría, que fueron de gran apoyo y por todos los momentos compartidos.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ABREVIATURAS Y SIGLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	12
HIPOTESIS	21
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
MATERIALES Y MÉTODOS	23
RESULTADOS	30
DISCUSIÓN	42
CONCLUSIONES	49
PROYECCIONES FUTURAS	50
BIBLIOGRAFIA	51

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de las unidades experimentales en los sistemas de producción a cielo abierto (a) y silvopastoril (b).....	25
<b>Figura 2:</b> Corte y embolsado de muestras durante el ensayo.....	26
<b>Figura 3:</b> Registro de las temperaturas medias (°C) y precipitaciones medias mensuales (mm) ocurridas en el período de crecimiento de <i>Gatton panic</i> durante el ensayo (octubre 2018 a mayo 2019).....	30
<b>Figura 4:</b> Registro de la radiación incidente ( $\mu\text{MOL m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en el sistema a cielo abierto (SCA) y sistema silvopastoril (SSP) previo a cada corte durante el período de crecimiento de <i>Gatton panic</i> .....	31
<b>Figura 5:</b> Producción de materia seca promedio por corte ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) bajo distintas frecuencias (28 y 56 días), en los sistemas a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).....	31
<b>Figura 6:</b> Producción acumulada de materia seca ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) con distinta frecuencia (28 y 56 días) e intensidad (15 y 25 cm) de corte, en los sistemas a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).....	32
<b>Figura 7:</b> Porcentaje de hojas (Hoja %) del total de materia seca de la planta entera de <i>Gatton panic</i> con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).....	33
<b>Figura 8:</b> Encharcamiento temporal en parcela del sistema de producción silvopastoril, después de la ocurrencia de excesos hídricos.....	34
<b>Figura 9:</b> Porcentaje de fibra detergente neutro (FDN %) con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) en el sistema a cielo abierto (SCA). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).....	36
<b>Figura 10:</b> Porcentaje de fibra detergente neutro (FDN %) con distintas intensidades de corte (15 y 25 cm) en el sistema silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).....	36
<b>Figura 11:</b> Digestibilidad verdadera in vitro de la materia seca (DIVMS %) de acuerdo a las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).....	38

**Figura 12:** Ubicación de las variables de producción y calidad de Gatton panic según las frecuencias (28 y 56 días) e intensidades (15 y 25 cm) de corte en los primeros dos ejes del Análisis de Componentes Principales en el sistema de producción a cielo abierto (SCA).....39

**Figura 13:** Ubicación de las variables de producción y calidad de Gatton panic según las frecuencias (28 y 56 días) e intensidades (15 y 25 cm) de corte en los primeros dos ejes del Análisis de Componentes Principales en el sistema de producción silvopastoril (SSP).....40

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tratamientos experimentales en los sistemas de producción a cielo abierto y silvopastoril con combinación de dos frecuencias (28 y 56 días) y dos intensidades de corte (15 y 25 cm sobre el nivel del suelo).....	24
<b>Tabla 2:</b> Altura de Gatton panic (cm) bajo distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.....	33
<b>Tabla 3:</b> Número de macollos al finalizar el ensayo (macollos $m^{-2}$ ) bajo distintas intensidades de corte (15 y 25 cm) en el sistema de producción a cielo abierto (SCA). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.....	34
<b>Tabla 4:</b> Contenido de proteína bruta (PB %) según las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.....	35
<b>Tabla 5:</b> Porcentaje de fibra detergente ácido (FDA %) de acuerdo a las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.....	37
<b>Tabla 6:</b> Energía digestible (ED Mcal $kg MS^{-1}$ ) de acuerdo a las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). EE: Error estándar estimado de la media.....	37
<b>Tabla 7:</b> Producción acumulada ( $kg MS ha^{-1}$ ), proteína bruta (PB $kg ha^{-1}$ ) y materia seca digestible (MS digestible $kg ha^{-1}$ ) de Gatton panic, con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) bajo el sistema de producción a cielo abierto (SCA). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).....	38
<b>Tabla 8:</b> Producción acumulada ( $kg MS ha^{-1}$ ), proteína bruta (PB $kg ha^{-1}$ ) y materia seca digestible (MS digestible $kg ha^{-1}$ ) de Gatton panic, con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) bajo el sistema de producción silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).....	38
<b>Tabla 9:</b> Valores de cada variable en el sistema a cielo abierto (SCA) de las CP1 y CP2.....	40
<b>Tabla 10:</b> Valores de cada variable en el sistema silvopastoril (SSP) de las CP1 y CP2.....	41

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

cv: Cultivar

ED: Energía digestible

EM: Energía metabolizable

DIVMS: Digestibilidad verdadera in vitro de materia seca

FDN: Fibra detergente neutro

FDA: Fibra detergente ácido

H/T: Relación hoja tallo

kg MS ha<sup>-1</sup>: Kilos de materia seca por hectárea

MAGyP: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca

mL: mililitros

MS: Materia seca

NEA: Nordeste Argentino

NOA: Noroeste Argentino

PB: Proteína bruta

PPNA: Productividad primaria neta aérea

SSP: Sistema silvopastoril

SCA: Sistema a cielo abierto

TND: Total de nutrientes digestibles

## RESUMEN

El proceso de expansión de la frontera agrícola ocurrido en las últimas décadas desplazó a la ganadería desde la Región Pampeana hacia ambientes con menor potencial productivo, tal como el Norte de nuestro país. En esta región *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Gatton panic es la especie más utilizada por la disponibilidad y el bajo costo de la semilla, y su relativamente fácil implantación. Debido a que es una especie que tolera la sombra puede ser incorporada en sistemas silvopastoriles, que constituyen una alternativa para mejorar la sustentabilidad ambiental. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de distintos regímenes de defoliación sobre la productividad, la calidad nutritiva y las variables morfológicas de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic en un sistema a cielo abierto y en un sistema silvopastoril. El ensayo fue llevado a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Sáenz Peña, Chaco. Para cada sistema de producción los tratamientos consistieron en la combinación de dos frecuencias (cortes cada 28 y 56 días) y dos intensidades de corte (15 y 25 cm sobre el nivel del suelo). La frecuencia de defoliación tuvo un efecto más determinante que la intensidad en todas las variables evaluadas. Las pasturas defoliadas con mayor frecuencia en ambos sistemas presentaron menor rendimiento por corte (sin afectar los rendimientos acumulados), mayor contenido de proteína bruta y digestibilidad de la materia seca. Frecuencias de corte cada 28 días, en el sistema a cielo abierto, lograron 64 % hojas y 7,2 % proteína y en el Sistema silvopastoril 68 % hojas y 13,4 % proteína respectivamente. Para lograr forraje de buena calidad será recomendable cortar cada 28 días, en ambos sistemas. La incorporación y buen manejo de pasturas en el Norte del país podría ser de gran utilidad para mejorar la receptividad de los campos. Cuando estas son incorporadas en SSP complementarían a un manejo sustentable del ambiente.

Palabras clave: Gatton panic, calidad forrajera, producción forrajera, intensidad de defoliación, frecuencia de defoliación, sistema silvopastoril, sistema a cielo abierto.

## ABSTRACT

The process of agricultural frontier expansion, occurred in recent decades, has displaced livestock from the Pampean Region towards environments with less productive potential, such as Northwestern Argentina. In this region, *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Gatton panic is the most widely used species due to seed availability and low cost, and its relatively quick implantation. Because of its great shade tolerance, it can be incorporated into silvopastoral systems, which constitute an alternative to improve environmental sustainability. The objective of this work was to evaluate the effect of different defoliation treatments on the productivity, nutritional value and morphological traits of *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic under two production systems, open sky and silvopastoral systems. The study was carried out at the INTA Sáenz Peña Experimental Station, Chaco. The experimental design consisted on the factorial combination of two defoliation frequencies (harvest every 28 and 56 days) and two defoliation intensities (15 and 25 cm stubble height). The defoliation frequency had greater effect than intensity over all evaluated variables. Higher defoliation frequency exhibited lower biomass production per harvest (without affecting accumulated biomass production), higher crude protein concentration and dry matter digestibility, in both systems. Cutting frequencies every 28 days in the open sky system achieved 64 % leaves and 7,2 % protein, and in the silvopastoral system 68 % leaves and 13,4 % protein, respectively. To achieve higher forage quality, it will be advisable to harvest every 28 days in both systems. The incorporation and proper management of pastures in the northern region of the country could be highly beneficial for improving the carrying capacity of the fields. When these are integrated into silvopastoral systems (SSP), they would complement a sustainable environmental management.

Key words: Gatton panic, forage quality, forage production, defoliation intensity, defoliation frequency, silvopastoral system, open sky system.

## INTRODUCCIÓN

La situación productiva argentina refleja lo que viene ocurriendo en distintos países de la región, donde el proceso de agriculturización ocurrida desde las últimas décadas, modificó la frontera de la producción agrícola - ganadera, desplazando a la ganadería hacia ambientes con menor potencial productivo (Rearte, 2010). En este proceso de reordenamiento territorial se cedieron más de 15 millones de hectáreas a la producción de cultivos agrícolas de alta rentabilidad en los últimos años (MAGyP, 2010; Rearte, 2011). Lo cual modificó la distribución del ganado bovino, que se vio desplazado hacia regiones extra pampeanas como el norte argentino, el cual actualmente alberga el 34% de la ganadería argentina y podría aumentar su receptividad mediante el uso de pasturas implantadas (Arroquy e Imaz, 2015). Esta región presenta condiciones subtropicales que van desde el ambiente semiárido en el oeste, al húmedo en el este, donde el principal recurso forrajero está constituido por pastizales naturales con gran diversidad en su producción y en el que solo cerca del 5% de la superficie corresponden a pasturas cultivadas (Pueyo y Nanning, 2011). Las pasturas cultivadas permiten incrementar la capacidad de carga de ambientes menos productivos, lograr ganancias adecuadas en categorías críticas, recuperar la productividad forrajera y producir reservas (Barbera, 2015). La ganadería bovina es una de las primeras actividades agropecuarias de la Argentina, desarrolladas desde la época fundacional y está destinada a continuar en el futuro (Canosa *et al.*, 2009). Por lo tanto, el desafío es aumentar la producción de carne mediante sistemas productivos más eficientes, y para ello es fundamental incrementar la producción forrajera (Rearte, 2011). Es oportuno aclarar que el esfuerzo que se dedica a aumentar el uso de pasturas implantadas no implica desatender los pastizales naturales, sino que en conjunto con la implantación de especies de mayor valor nutritivo y más productivas se deben incluir el adecuado manejo y el mejoramiento del campo natural (Chaparro, 1998). Además, hoy en día no sólo interesa mejorar la productividad forrajera, sino también conservar y mejorar la sustentabilidad ambiental.

El centro - oeste de la Provincia de Chaco se encuentra en la transición entre el Chaco Húmedo y el Chaco Subhúmedo. Las precipitaciones medias anuales en estos ambientes oscilan entre 800 y 1000 mm, la temperatura media es aproximadamente de 21°C y presenta hasta 300 días del año libre de heladas. El régimen pluviométrico es marcadamente irregular, con inviernos secos con precipitaciones mínimas, y veranos húmedos con evapotranspiración máxima (Morello *et al.*, 2012), las precipitaciones se

concentran entre octubre y abril (Ginzburg y Adámoli, 2006). Las comunidades vegetales se encuentran condicionadas por el gradiente topográfico que ocupan (Morello y Adámoli, 1974). En posiciones de terreno altas e intermedias se puede encontrar vegetación del tipo de bosque alto abierto con abras, que incluye sabanas con parches de arbustos caducifolios y bosques con predominio de especies como quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), quebracho colorado (*Schinopsis balansae*) e itín (*Prosopis kunzei*) (Morello *et al.*, 2012). Además, en campos altos con suelos francos, casi nunca anegables, se desarrollan los pastizales (Ginzburg y Adámoli, 2006).

Los suelos de la región son de texturas medias a pesadas hacia el este, los mismos se encuentran degradados por la acción de una agricultura convencional de muchos años en monocultivos y periódicos fenómenos de encharcamiento e inundación que provocan una inestabilidad en la sostenibilidad de los sistemas productivos. Hacia el oeste, las limitaciones más importantes son la baja retención de humedad, susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica y bajo nivel de materia orgánica, condicionando un sistema natural frágil. En esta región el desarrollo de la agricultura comenzó gracias a las extensas áreas de suelos fértiles en un diseño de relieve suavemente ondulado con amplias sabanas que ofrecieron condiciones económicas y ecológicas favorables para la misma (Zurita *et al.*, 2010). Sin embargo, la necesidad de expandir la superficie de producción agrícola, significó la incorporación de tierras cuyos suelos se desarrollaron bajo bosques, por lo cual se habilitaron manual o mecánicamente. Esta práctica generó grandes áreas degradadas y fragmentación de los bosques nativos (Ragonese, 1967; Adámoli *et al.*, 1990), lo cual limitó el desarrollo socio económico de los pobladores locales. Durante los últimos 60 años en Argentina se incrementó aproximadamente más del 60% del área asignada a cultivos anuales en Chaco, las tasas de expansión agrícola y deforestación fueron las más altas del país (Vigglizzo y Jobbágy, 2010).

En este contexto, surge como una alternativa de manejo interesante aumentar la superficie de pasturas, dado que las mismas además de beneficiar la capacidad de resiliencia de los suelos, es decir, de favorecer la restauración de aquellas propiedades que fueron afectadas por los distintos procesos de degradación, mejoran la receptividad de los campos (De León, 2004; Cornacchione *et al.*, 2008). Asimismo, las pasturas también pueden ser incorporadas en sistemas silvopastoriles (SSP) (Gómez *et al.*, 2015), los cuales se han transformado en otra alternativa para mejorar la sustentabilidad ambiental (Medinilla Salinas *et al.*, 2013), y de esta manera constituyen una herramienta fundamental para hacer frente al desplazamiento de la ganadería hacia el norte argentino.

Los sistemas ganaderos silvopastoriles son técnicas de uso de tierras donde coexisten en la misma unidad productiva la ganadería y la actividad forestal, lo que permite aprovechar las interacciones positivas y minimizar aquellas negativas que se establecen entre los componentes animal, vegetal y el suelo (Carranza y Ledesma, 2009). Los SSP tienen un gran impacto en la creación de empleo rural y son importantes para mejorar la calidad de vida de los productores ya que contribuyen a la diversificación de riesgos y al incremento de la resiliencia ante perturbaciones externas del sistema (Russo, 2015). El árbol, uno de los componentes del sistema, puede ser utilizado como productor de forrajes para el ganado o como protector y mejorador de los suelos (Delvalle *et al.*, 2012). El estrato arbóreo, además de influir sobre la producción y calidad de las pasturas, ejerce una acción directa sobre el sistema productivo, a través de la oferta de forraje en forma de follaje y frutos, e indirecta sobre la atenuación de las condiciones ambientales que operan sobre el bienestar animal (Carranza y Ledesma, 2009; Gómez *et al.*, 2015).

En la provincia del Chaco hay diferentes prácticas de implementación de los SSP. Una es mediante el rolado de baja intensidad, que consiste en utilizar un rolo accionado por un tractor. De esta manera se provoca un disturbio en la vegetación nativa, para eliminar el fachinal y favorecer la accesibilidad de los animales, con el objetivo de aumentar la escasa oferta de forraje, con la implantación de pasturas (Kunst, 2008). La otra práctica, también utiliza pasturas cultivadas, pero combinadas con bosques implantados de algarrobo blanco (*Prosopis alba*). En la provincia, existen cerca de 4000 ha implantadas con esta última especie arbórea, que abastecen a los complejos industriales madereros de la zona. Esta especie, en plantaciones puras tienen largos turnos de corta para obtener ganancias, sin embargo, si se combina con el componente pastoril, genera una mejora en los ingresos a corto y mediano plazo (Kess *et al.*, 2015). Por otra parte, sumado a los beneficios económicos, el algarrobo brinda servicios ecosistémicos, dado que es una especie estabilizadora del ambiente, debido a su asociación con bacterias del género *Rhizobium*, que permiten la asimilación del nitrógeno del aire, y también enriquecen el ecosistema con el aporte de ramas, hojas, flores y frutos; lo que lo convierte en un componente estructurador de sistemas productivos (Sagadin, 2019).

Las pasturas cultivadas se incorporan en esta región con la finalidad de alcanzar una mayor producción forrajera. Sin embargo, debido a que poseen una marcada estacionalidad, acumulan mucha cantidad de forraje en poco tiempo, por lo que es difícil su correcto aprovechamiento, lo que conlleva a la pérdida de calidad del mismo (Chiossone, 2012; Chiossone *et al.*, 2014). Por otra parte, la producción forrajera, está determinada por la especie, el ambiente y el manejo adecuado para expresar su potencial (Pueyo y Nanning, 2011). Sin embargo, las pasturas cultivadas son luego de la vegetación natural el recurso forrajero más importante de los sistemas ganaderos de la región (Barbera, 2018).

El norte argentino, se encuentra entre las regiones que presenta a futuro mayores posibilidades de incremento de la productividad mediante el uso de pasturas megatérmicas (Arroquy e Imaz, 2015). Las condiciones climáticas de estos ambientes son propicias para el desarrollo de las gramíneas tropicales, principal recurso de la región, poseen metabolismo C<sub>4</sub> caracterizadas por altos niveles de producción de materia seca (MS). Producen de 5400 a 13300 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> según la especie de que se trate, donde entre el 85 y el 92 % de la oferta forrajera se registra en el período primavera estivo otoñal, con muy poco crecimiento en invierno lo que determina una elevada variación de la receptividad a lo largo del año (Pueyo y Chaparro, 2003). Algunas especies producen hasta 20000 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Barbera, 2018), siendo por lo general, máxima en los primeros años de implantación. Sin embargo, por ser muy extractivas en nutrientes que no se reponen, y al utilizar cargas muy elevadas que deterioran la pastura la producción decae progresivamente (Boddey *et al.*, 2004).

El Gatton panic, cultivar de la especie *Megathyrsus maximus*, es la especie más utilizada en la región, por la disponibilidad de semilla, bajo costo en relación a otras pasturas y relativamente fácil implantación. Este cultivar posee gran aceptación por parte de los productores, ocupando el 71 % de la superficie de las pasturas implantadas en la región chaqueña (Chiossone *et al.*, 2014; Cornacchione *et al.*, 2008). Es una especie megatérmica, originaria de África, posee una excelente adaptación a los suelos y clima del centro, oeste y sudoeste de la Provincia del Chaco. Posee un buen establecimiento en suelos bien drenados, profundos y fértiles (FAO, 1990). Sin embargo, su implantación y crecimiento son limitados en suelos anegados y/o salinos (Casado y Cavalieri, 2016). Por otra parte, tiene alto potencial de rendimiento con adecuada disponibilidad de nitrógeno (Santos *et al.*, 2012), por lo que demanda suelos ricos en materia orgánica o fertilización nitrogenada (da Silva *et al.*, 2015). En la región chaqueña, tiene una productividad

promedio de 8794 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Chiossone *et al.*, 2014). Además, en lo que respecta al manejo, posee buena tolerancia al pastoreo, y generalmente es utilizada con pastoreo rotativo (Carvalho *et al.*, 2017). Asimismo, es muy apreciada y utilizada en los SSP, debido a que está clasificada como una especie que tolera la sombra (Wong, 1991), sin embargo, en estos sistemas la productividad es menor con un promedio de 5718 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. No obstante, las evaluaciones a lo largo de varios años en la provincia del Chaco, indican que a pesar de resignar productividad forrajera, los SSP aportan estabilidad al sistema, debido a que la variación de receptividad no es tan marcada como en las pasturas en sistemas a cielo abierto (SCA) (Chiossone *et al.*, 2014). Si bien la productividad primaria neta aérea (PPNA) de los forrajes está sujeta a la variabilidad interanual de precipitaciones y temperaturas ambientales (McDowell, 2008), la incorporación del estrato arbóreo a los sistemas pastoriles podría atenuar los efectos ambientales negativos (Cuartas *et al.*, 2014). Martínez Calsina *et al.* (2015) concluyeron que, en la provincia de Tucumán, los SSP implantados con algarrobos y pasturas megatérmicas, en condiciones de sequía, reducen su productividad en menor medida que un SCA. La menor variación de la productividad en SSP en años secos puede atribuirse a la mejor condición hídrica de los pastos, debido a que las menores temperaturas máximas y la mayor humedad relativa, reducen la evapotranspiración bajo la copa de los árboles en comparación con situaciones de pleno sol. Por otra parte, las pasturas megatérmicas también contribuyen a conservar el agua del suelo, por la cobertura que generan (Martínez Calsina, 2017), lo cual beneficia favorablemente al balance hídrico. Además, cuando ocurren las lluvias este tipo de sistemas almacena más agua, lo que permite tener mayor disponibilidad en condiciones de sequía (Carranza y Ledesma, 2009).

La intensidad de la luz es el principal factor que determina la producción de forrajeras en SSP (Carranza y Ledesma, 2009). La magnitud del efecto sobre la productividad dependerá del grado de sombreado y de las especies forrajeras involucradas, debido que algunas se adaptan mejor a la sombra que otras (Shelton *et al.*, 1987). La radiación solar tiene una incidencia directa sobre la fotosíntesis y sobre la producción de MS, a medida que aumenta la cantidad y cobertura de copas la producción forrajera disminuye (Cornacchione, 2008; dos Santos Neto *et al.*, 2023). *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic, es una de las especies que presenta mayor producción de MS bajo sombra (Stür, 1991). Mediciones realizadas en la región chaqueña, comparando campos con pasturas en SCA y bajo SSP, demuestran que el rendimiento de la especie Gatton panic, bajo cobertura arbórea, fue el 65% de la obtenida en SCA, con mayor altura y menor

cantidad de macollos debido a los cambios en la calidad de luz (Chiossone *et al.*, 2014). Para que estos macollos, que dependen de los fotosintatos producidos (Richards *et al.*, 1988), puedan crecer rápidamente luego de una defoliación, el manejo de pastoreo no debería ser muy intenso. Asimismo, el aumento del área específica de las hojas (Carranza y Ledesma, 2009) constituye una adaptación que le permite una mejor captación de la radiación que pueden interceptar cuando es limitada y es el factor más importante para maximizar la ganancia de carbono por unidad de masa foliar (Lacorte *et al.*, 2016).

La calidad nutricional de las pasturas implantadas es fundamental para la alimentación animal. Para determinar el valor nutritivo de las mismas, es necesario conocer la composición y las proporciones de los nutrientes contenidos en la MS. Tanto la cantidad como la calidad que ofrece una pastura se modifica con los días de crecimiento y esto depende de la época del año, de la especie, del estado fisiológico, del momento de pastoreo y de las condiciones edafoclimáticas (Colombatto, 2000). A medida que avanza el ciclo de crecimiento de la pastura aumenta la cantidad de forraje, pero al progresar su grado de madurez (estado fisiológico) decrece su calidad por la disminución de la digestibilidad y el contenido de proteínas (De León, 2004). Según Reynoso *et al.* (2009), la principal causa de la reducción del valor nutritivo es la acumulación de tallos y material muerto, debido a que son componentes menos digestibles que las hojas. Mediante el control de encañado se puede modificar la calidad de la pastura, es decir, aumentando la frecuencia de defoliación podríamos generar distintos valores de digestibilidad y proteína (De León, 2004). En los SSP el sombreado altera el proceso fotosintético y modifica la cantidad de hojas y tallos, aumentando la proporción de proteína bruta (PB) (Santiago-Hernández *et al.*, 2016). Este aumento también se explica debido a los menores rendimientos de materia seca que no generan una disminución de la concentración de nitrógeno por efecto de dilución de nutrientes (Baldassini *et al.*, 2018). Por otra parte hay evidencias que la baja intensidad de luz podría afectar negativamente la digestibilidad del forraje (Carranza y Ledesma, 2009) debido a la disminución de carbohidratos no estructurales más el aumento de lignina y sílice en las hojas. Sin embargo, estos cambios muchas veces no son significativos y la digestibilidad no se ve afectada (Baldassini *et al.*, 2018).

La mejor calidad se observa en el rebrote primaveral, a partir del cual disminuye con el avance del grado de maduración. Para evitar la marcada disminución de la calidad, por el avance del ciclo de la planta, es muy importante la defoliación ya que impide la elongación de los tallos (De León, 2007). La defoliación es el proceso de remoción de la

parte aérea de la planta (Hogdson, 1979), que se puede caracterizar a través de tres parámetros: la frecuencia (tiempo transcurrido entre defoliaciones sucesivas), la intensidad o la proporción de la biomasa removida en relación con la disponible y el momento de defoliación que se relaciona con el estado fenológico de las plantas (Harris, 1978). Es importante conocer las interrelaciones entre el manejo de la defoliación (frecuencia, intensidad y momento) y las respuestas de las plantas para fundamentar la planificación y el desarrollo exitoso de estrategias de manejo (Reynoso *et al.*, 2009). El manejo del pastoreo influye en el crecimiento, producción, composición, calidad y persistencia de la pastura (Hernández-Garay *et al.*, 1997; Costa *et al.*, 2018). El período de descanso de la misma, durante el ciclo de pastoreo, permite que aumente la cantidad de hojas y la producción de MS, por una mayor intercepción de la luz (Cangiano y Brizuela, 2011). Consecuentemente, para cosechar en la máxima tasa de crecimiento y lograr el mejor rendimiento, es necesario encontrar un balance entre fotosíntesis, producción y senescencia.

Sin embargo, para determinadas pasturas el crecimiento se concentra en el desarrollo del tallo (Parsons y Penning, 1988). Da Silva (2004) considera que, cuando la pastura tropical es pastoreada en forma rotativa, el pastoreo debería realizarse cuando el canopeo intercepta el 95% de la luz incidente, debido a que a partir de este punto comienza a deteriorarse la pastura porque aumentan el desarrollo de los tallos y la acumulación de material muerto y, por lo tanto, se reduce la calidad nutritiva. Este proceso, ocurre más rápidamente en verano donde las tasas de crecimiento son más elevadas. De León (2007), observó que para mantener valores de proteína y digestibilidad similares a los de primavera es importante una alta frecuencia de defoliación de Gatton panic, durante la época estival. En otros cultivares de *Megathyrsus maximus* (Tanzania y Mombasa), Patiño Pardo *et al.* (2018) determinaron que con 25 días de descanso se lograron los mayores porcentajes de PB, dado que con descansos más prolongados los contenidos de proteína disminuyen, más acentuadamente en el cultivar Mombasa. En la provincia del Chaco, Carnevalli *et al.* (2006) observaron que el tiempo de descanso entre cortes de 35 días, es adecuado para lograr buenos rendimientos de MS, mientras que un manejo con menor intervalo de corte en Gatton panic permitió una mejora en la calidad del mismo (Casado y Cavallieri, 2016). Costa *et al.* (2018) concluyeron que una frecuencia de corte entre 28 y 35 días manifiesta los mayores rendimientos de MS y es adecuada para el manejo de gramíneas. Si la frecuencia se prolonga afecta negativamente a la estructura vegetativa, reduciendo la población de macollos y la relación hoja/tallo

(H/T). De León (2004) demostró que con cortes mensuales en Gatton panic se logra una acumulación de 2700 kg MS ha<sup>-1</sup>, y con cortes bimestrales 4550 kg MS ha<sup>-1</sup>.

La producción de forraje, previa al pastoreo, es mayor en un tratamiento menos frecuente, pero en el más frecuente aumenta el número de pastoreos, lo que permite compensar y evitar diferencias en el total de acumulación de forraje. Por lo tanto, largos períodos de descanso no necesariamente generan más producción de MS, pero si decae el valor nutritivo por acumulación de tallos y material muerto (Carnevalli *et al.*, 2006). También hay que considerar que una mayor frecuencia no lleve a una menor asimilación de nutrientes y reducción en la reserva de carbohidratos (Ricci *et al.*, 1997).

Un estudio llevado a cabo por Pinto *et al.* (1994) concluye que la acumulación de tallo y su elongación se reduce cuando aumenta la frecuencia de pastoreo, logrando una relación H/T de 1,3 con descansos de 14 días y 0,5 con descansos de 70 días. También se observó que a medida que disminuye la frecuencia de pastoreo además de generarse más contenido de tallos, se van diluyendo las concentraciones de distintos nutrientes como el N, P, Ca, Mg, K (Costa *et al.*, 2018). Por estas razones, Santos *et al.*, (2003) consideran que el desarrollo y producción de tallos es un mejor criterio que la tasa de acumulación de forraje para determinar la frecuencia de pastoreo.

La intensidad de corte es la altura de salida luego de un pastoreo y está relacionada con el mínimo de área foliar que debe quedar remanente para un posterior rebrote (Carvalho *et al.*, 2017). Si la misma es muy alta y se mantiene un área foliar muy baja todos los componentes de producción y utilización son reducidos y la pastura es claramente sobrepastoreada (Cangiano y Brizuela, 2011). Cuanto mayor es la intensidad mayor es el tiempo de recuperación de la pastura y esto es debido a que la misma se debe recuperar a partir de yemas basales que presentan menor velocidad de diferenciación y expansión (Costa *et al.*, 2019). Cecato *et al.* (2000) reportaron mayor velocidad de rebrote de Gatton panic con cortes a 40 cm sobre el suelo en comparación con cortes a 20 cm. Cuanto más intenso es el corte menor es el índice de área foliar (IAF) remanente y consecuentemente menor la intercepción de luz (Smetham, 1990). El carbono disponible se utiliza para restaurar el área foliar de la planta y por lo tanto hay menos carbohidratos para las raíces (Costa *et al.*, 2019). Otros autores concluyeron que, por el contrario, una baja intensidad de pastoreo y alto IAF promedio, generan máxima fotosíntesis bruta del canopeo y producción de tejidos nuevos, no obstante, las pérdidas por respiración son también cercanas al máximo (Parsons *et al.*, 1983). El dilema ecológico fundamental en los sistemas de pastoreo es la capacidad de optimizar al mismo tiempo la intercepción de

luz para generar producción primaria y la cosecha de esa producción por parte de los herbívoros (Briske y Heitschmidt, 1991), permitiendo alimentar adecuadamente al ganado y dejando una razonable cantidad de biomasa remanente que ayude a alcanzar con rapidez las máximas tasas de crecimiento de las pasturas (Agnusdei, 2013).

Las respuestas de las pasturas en manejos de SCA con diferentes intensidades y frecuencias de corte, se manifiestan en el rendimiento y esto no es más que el efecto del manejo sobre el crecimiento vegetal. Además, si bien la combinación de pasturas con árboles debidamente manejados y aprovechados constituyen una alternativa racional para aumentar la producción, implica cambios en los factores determinantes de la producción primaria, dado que las especies forrajeras presentan un comportamiento diferente (Navarro y Villamizar Corpas, 2012).

En la actualidad y a los fines prácticos, aún no se conoce el manejo adecuado para alcanzar una alta producción sin que disminuya la calidad en los distintos sistemas. Este trabajo aportaría información útil respecto a esta especie en sistemas de producción ganadera, silvopastoril y cielo abierto, brindando datos de producción forrajera para distintas intensidades y frecuencias de corte. Por otra parte, la información existente de esta especie con respecto a la valoración nutricional del forraje, es en sistema a cielo abierto, pero poco se sabe de estas variables en sistema silvopastoril.

## HIPOTESIS

1. La frecuencia de corte modifica la producción de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic en los sistemas pastoriles a cielo abierto y silvopastoril debido a la mayor cantidad de hojas fotosintéticamente activas jóvenes en cortes más frecuentes. Se predice que, en ambos sistemas evaluados, la mayor producción de materia seca de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic se alcanzará con cortes cada 28 días en comparación con los cortes cada 56 días, logrando mejor rendimiento acumulado al final del ensayo.
2. La intensidad de corte de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic modifica el rendimiento de la especie en los sistemas pastoriles de producción a cielo abierto y silvopastoril debido a que un corte más intenso disminuye la fotosíntesis de la pastura por un menor remante de área foliar. Se predice que, en ambos sistemas evaluados, el mayor rendimiento de materia seca de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic acumulado al final del ensayo se alcanzará con cortes a 25 cm sobre el suelo en comparación a los 15 cm sobre el suelo
3. La intensidad y frecuencia de corte de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic modifican la calidad nutritiva de la especie debido a que regulan el estado fenológico de la misma. Se predice que, en ambos sistemas evaluados, los cortes con menor intensidad, a 25 cm sobre el suelo, y con mayor frecuencia, cada 28 días, incrementará la digestibilidad y la proporción de proteína de la materia seca de esta especie.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de distintos regímenes de defoliación sobre la producción primaria aérea, la calidad nutritiva y las variables morfológicas de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic en un sistema a cielo abierto y en un sistema silvopastoril.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar, en cada sistema pastoril:

- 1) la producción de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic sometido a distintas frecuencias e intensidades de corte durante la estación de crecimiento de la especie.
- 2) el cambio del valor nutritivo de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic bajo distinta intensidad y frecuencia de corte, durante la estación de crecimiento de la especie.
- 3) el efecto de las diferentes frecuencias e intensidades de corte sobre las variables morfológicas de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton panic.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de Estudio

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Sáenz Peña (S 26° 50' 30", O 60° 25' 54") del INTA, ubicada en el Departamento Comandante Fernández, Chaco, Argentina. Este departamento se encuentra en el centro de la provincia en la zona sub-húmeda seca y se caracteriza por veranos lluviosos e inviernos secos (Ledesma y Zurita, 1995).

El promedio anual de precipitaciones, registrado en la estación meteorológica de la EEA Sáenz Peña es de 982 mm (serie 1924-2017). La evapotranspiración anual es de 1686 mm (serie 1968-2014), lo cual genera un déficit hídrico principalmente en los meses más fríos. La temperatura media de la región para el mes más cálido (enero) es 27 - 28°C y la media del mes más frío (julio) es 14 - 15°C, registrándose en verano temperaturas diarias mayores a 40°C y en invierno menores que 0°C. Por lo tanto, existe una gran amplitud térmica no sólo anual sino también estacional.

El suelo donde se realizó el ensayo experimental corresponde a la Serie Chaco, es un *Argiustol údico* que se encuentra en lomas medias tendidas, moderadamente evolucionadas, de relieve normal. Tiene un horizonte superficial color pardo oscuro, textura pesada; un subsuelo de similares características, que descansa sobre un material pardo a pardo amarillento claro, de textura pesada. Su contenido de materia orgánica es moderadamente alto; alta capacidad de retención de agua hasta los 170 cm de profundidad; débilmente ácido en superficie, neutro en profundidad; rico en fósforo, muy rico en calcio; rico en magnesio; muy rico en potasio; alta capacidad de intercambio de cationes; alto porcentaje de saturación de bases. Es un suelo de aptitud agrícola con capacidad de uso Clase III (Ledesma, 1980).

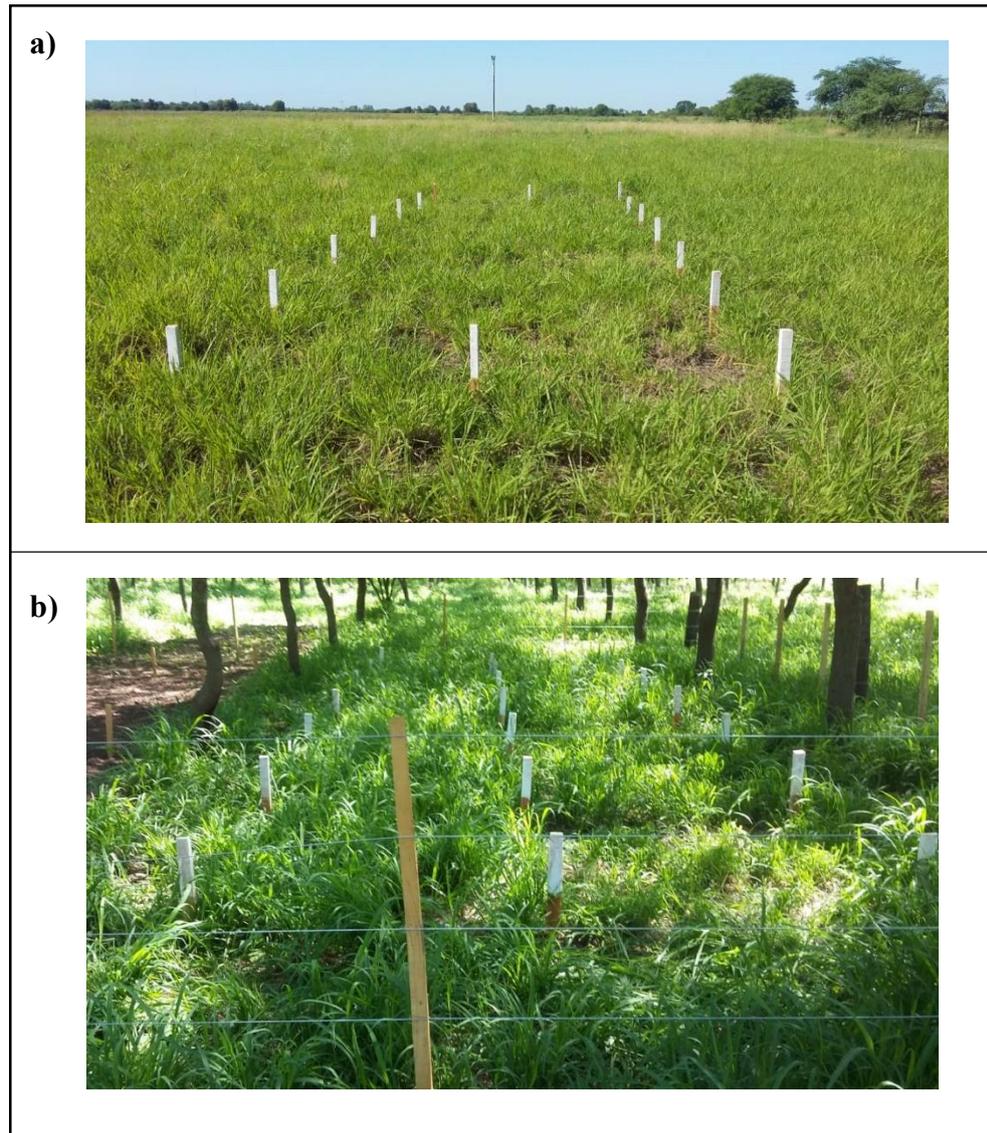
### Diseño experimental

Se evaluaron dos sistemas de producción: el sistema pastoril a cielo abierto (SCA) y el sistema silvopastoril (SSP) que corresponde a una pastura bajo una plantación de árboles de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en una densidad de 500 plantas por hectárea (5 m entre líneas y 4 m entre plantas) con *Megathyrus maximus* cv. Gatton panic. La especie fue sembrada un año antes del inicio del ensayo a una densidad de 5 kg ha<sup>-1</sup>. En cada sistema se realizaron clausuras donde se instalaron las unidades experimentales. Los

sistemas de producción (SCA y SSP) no se compararon entre sí, debido a que en la Provincia del Chaco esta especie se encuentra en ambos sistemas y con este ensayo se intenta entender cuál es el manejo más adecuado para cada uno. El diseño del experimento para cada sistema de producción fue completamente aleatorizado con arreglo factorial. Los tratamientos experimentales consistieron en la combinación de dos frecuencias (28 y 56 días) y dos intensidades (15 y 25 cm sobre el nivel del suelo) de corte (Tabla 1), con tres repeticiones, sumando un total de 12 unidades experimentales para cada sistema. El tamaño de cada unidad experimental fue de 1,5 m de largo por 1,5 m de ancho con una superficie de 2,25 m<sup>2</sup> (Figura 1 a y b). Algunos autores estudiaron intensidades de corte de 30 y 50 cm sobre el nivel del suelo pero en cultivares de porte alto de *Megathyrsus maximus* (Carnevali *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2017). Sin embargo para el cv Gatton panic, debido al menor porte y por ser las intensidades más utilizadas en la zona, los cortes fueron de 15 y 25 cm sobre el suelo. Por otra parte las frecuencias que se utilizaron son las mismas que las estudiadas por De León (2004) en Gatton panic y otras megatérnicas con el fin de mejorar la producción y calidad.

**Tabla 1:** Tratamientos experimentales en los sistemas de producción a cielo abierto y silvopastoril con combinación de dos frecuencias (28 y 56 días) y dos intensidades de corte (15 y 25 cm sobre el nivel del suelo).

Tratamiento 1	frecuencia 28 días - intensidad 15 cm sobre el nivel del suelo
Tratamiento 2	frecuencia 28 días - intensidad 25 cm sobre el nivel del suelo
Tratamiento 3	frecuencia 56 días - intensidad 15 cm sobre el nivel del suelo
Tratamiento 4	frecuencia 56 días - intensidad 25 cm sobre el nivel del suelo



**Figura 1:** Ubicación de las unidades experimentales en los sistemas de producción a cielo abierto (a) y silvopastoril (b).

## Medición de materia seca y componentes del rendimiento

La evaluación de la producción de *Megathyrsus maximus* cv. Gatton Panic, se realizó una vez que fueron establecidas las parcelas, después de un corte de emparejamiento o nivelación realizado con motoguadaña a 15 cm sobre el suelo eliminando material muerto de la estación de crecimiento anterior. Se inició el 8 de noviembre del 2018, con los cortes correspondientes, de acuerdo a los tratamientos experimentales, los cuales se realizaron durante toda la estación de crecimiento de la pastura hasta el 23 de mayo de 2019. En total fueron 8 cortes para la frecuencia de 28 días y 4 cortes para la frecuencia de 56 días en cada uno de los sistemas de producción. Antes de iniciar los cortes en las parcelas experimentales se midió la altura de las plantas. Para ello se utilizó una cinta graduada y se tomaron dos puntos representativos de cada unidad de muestreo para luego utilizar el promedio de esas dos mediciones. Por otra parte, se midió la radiación incidente sobre la pastura con un ceptómetro BAR-RAD 100 previo a cada corte en ambos sistemas.

La recolección de las muestras para biomasa de las pasturas se hizo mediante dos marcos de una superficie de 0,25 m<sup>2</sup>, con cortes a dos alturas de acuerdo a los tratamientos de intensidad de corte evaluados. Todo el material ubicado dentro de la superficie del marco se cortó con una herramienta tipo hoz y se recolectó en bolsas rotuladas (Figura 2).



**Figura 2:** Corte y embolsado de muestras durante el ensayo.

Seguidamente, se obtuvo el peso fresco de cada muestra, el cual fue determinado a través de una balanza marca Kretz. Luego, el material de cada muestra pesado en fresco se separó en dos alícuotas. Una alícuota se colocó en bandejas y se llevó a estufa con aire

forzado a 60 °C durante 48 - 72 horas hasta peso constante. Una vez seco el material se determinó porcentaje de MS y acumulación de la MS total en kg ha<sup>-1</sup>. En la otra alícuota se separó en forma manual tallos, vainas e inflorescencias (componente tallo) y láminas (componente hoja) y posteriormente se determinó, de la misma forma que en la planta entera, el porcentaje de MS de cada componente por separado, para calcular la relación entre los mismos.

Por otra parte, para la evaluación de los caracteres morfológicos de la pastura, además de la determinación de los porcentajes de hojas y tallos, se contó el número de macollos. Esta medición se realizó mediante un marco de 0,1 m<sup>2</sup> de superficie, al inicio y al final del ensayo para determinar el efecto de los tratamientos sobre el número de macollos.

### **Mediciones del valor nutritivo**

La evaluación del valor nutritivo, de todas las fechas de corte de *Megathyrus maximus* cv. Gatton Panic, se realizó a través de la determinación del porcentaje de PB, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y la digestibilidad verdadera *in vitro* de la MS (DIVMS). Una vez determinada la MS, cada muestra seca de la alícuota de la planta entera se pasó por dos molinos Foss Knifetec y Foss Cyclotec (con malla de 1 mm entre filamentos) de origen sueco, con el objeto de lograr al final del proceso una muestra homogénea y de tamaño adecuado para su posterior análisis. Las muestras, una vez acondicionadas, se sometieron a las siguientes determinaciones:

#### **1. Proteína Bruta**

El contenido de PB se estimó por el método micro Kjeldhal. Cada muestra seca y molida se sometió a una digestión sulfúrica en plancha caliente. Finalizada la misma se llevó a volumen, y sobre una alícuota de ese volumen se determinó el nitrógeno amoniacal por destilación y posterior titulación. El contenido de nitrógeno orgánico se multiplicó por el factor 6,25 para obtener el valor de PB de cada muestra (Bremmer y Breitenke, 1983).

## 2. Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido

Se determinó el contenido de FDN y FDA, siguiendo la metodología descrita por Goering y Van Soest (1979). Para el procedimiento del análisis se utilizó el equipo Ankom Fiber Analyzer (ANKOM). Cada muestra seca y molida se colocó en una bolsita filtrante (1g) y se selló con calor. Luego, las mismas se distribuyeron uniformemente en la canasta de digestión del equipo y se inició la digestión secuencial, primero con la solución de FDN y una vez que las bolsitas se secaron y se pesaron, se procedió con la solución de FDA. Cada digestión duró 60 minutos. Luego de liberar las soluciones de fibra, se procedió a lavar con agua caliente y agitar durante 4 minutos, repitiendo este proceso cuatro veces. Posteriormente, las bolsitas se lavaron con acetona, seguidamente se removió el exceso de la misma, luego se secaron en estufa, y una vez secas se pesaron para obtener el peso seco de la fibra.

Con los resultados de la FDA, se estimó el total de nutrientes digeribles (TND) a través de la ecuación (Chalupa y Ferguson, 1988):

$$\% \text{ TND} = 92,51 - (\% \text{ FDA} \times 0,7965).$$

Se aclara que esta fórmula es utilizada como ecuación promedio para gramíneas.

Con los resultados de TND se estimó la energía digerible (ED), a través de la ecuación (NRC,1984; Chalupa y Ferguson,1988):

$$\text{ED (Mcal)} = \% \text{ TND} \times 4,409 \text{ Mcal} / 100$$

## 3. Digestibilidad verdadera in vitro de la materia seca

La determinación de la DIVMS, se obtuvo usando el equipo DaisyII® - Ankom Technology (DAISYII). Las muestras para DIVMS fueron analizadas en el laboratorio de INTA Santiago del Estero, bajo el siguiente procedimiento:

Las muestras secas y molidas de la planta entera se pesaron y colocaron en bolsitas filtrantes de porosidad estándar. Éstas luego fueron selladas térmicamente y se colocaron en los frascos de digestión. Se incluyó al menos una bolsita sin muestra para corrección. Se prepararon las soluciones correspondientes y se ubicaron los frascos dentro del incubador DAISY II. Una vez encendido, se dejó que la temperatura de los mismos se equilibre por al menos 20 o 30 minutos y se preparó el inóculo de rumen.

Se tomaron 400 mL de inóculo ruminal para agregar a las muestras en los frascos. Cada frasco se gaseó con CO<sub>2</sub> durante 30 segundos. Luego se incubaron por 48 h para

determinar la digestibilidad verdadera *in vitro*. El incubador DAISYII se mantuvo a  $39^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ .

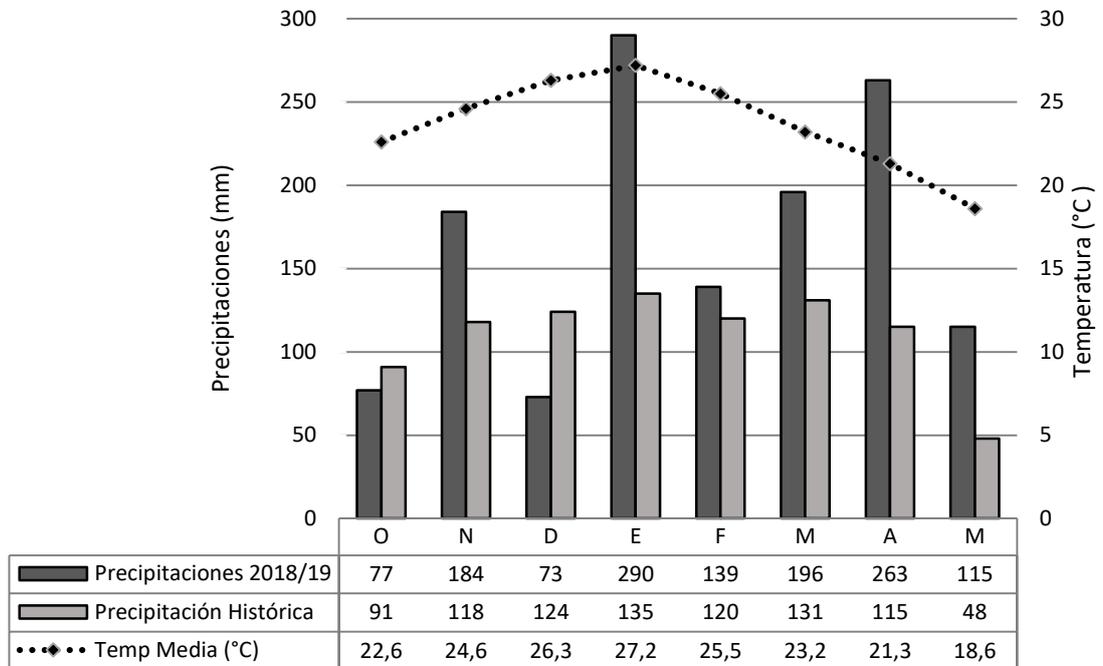
Finalizado el tiempo de incubación, se sacaron los frascos y las bolsitas se lavaron con agua de la canilla hasta que el agua saliente de las mismas se observó limpia. Este proceso se realizó con mínima agitación mecánica. Por último, se procedió a analizar el contenido de FDN con el analizador de fibra automático ANKOM. El análisis de FDN remueve los restos proteicos y las fracciones solubles remanentes. Se registró el peso de la post *in vitro* FDN.

### **Análisis estadístico**

Los datos de resultados de las distintas variables individuales descritas anteriormente, fueron analizados mediante un análisis de la varianza (ANOVA), utilizando el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017). Para la comprobación de supuestos se realizó la prueba de Normalidad mediante q-q plot y el test de Shapiro Wilks, y se comprobó la Homogeneidad de varianzas mediante diagrama de dispersión y la prueba de Levene. Para las variables nutricionales % PB, % FDN y % FDA, con el fin de cumplir con el supuesto de distribución normal, se utilizó la transformación angular  $y = \arcsen\sqrt{x}$ . Se realizó la comparación de medias usando el Test de Tukey con un nivel de significancia del 5%. También se realizó un análisis multivariado de componentes principales para relacionar en conjunto las distintas variables medidas en cada sistema de producción y determinar las de mayor peso en definir cada sistema.

## RESULTADOS

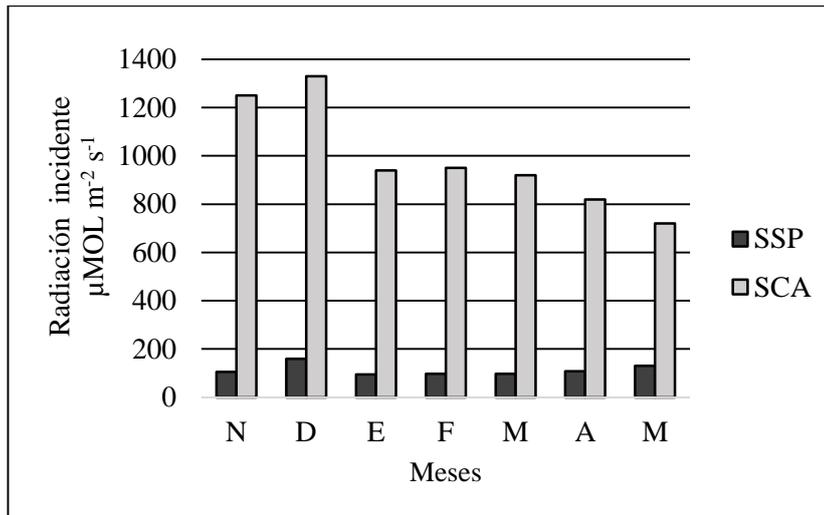
Durante el período en que se llevó a cabo el ensayo (octubre de 2018 a mayo de 2019), las precipitaciones mensuales fueron en general superiores a las precipitaciones promedio mensuales históricas registradas (Figura 3).



**Figura 3:** Registro de las temperaturas medias (°C) y precipitaciones medias mensuales (mm) ocurridas en el período de crecimiento de Gatton panic durante el ensayo (octubre 2018 a mayo 2019).

Las temperaturas medias más altas se registraron en los meses de verano (diciembre, enero y febrero) estando las mismas entre 26 y 27 °C. Por otra parte, se registraron precipitaciones medias muy por arriba de las medias históricas durante la mayor parte del otoño (marzo, abril y mayo), tal es así que algunos lotes presentaron encharcamiento temporal a fines de dicha estación.

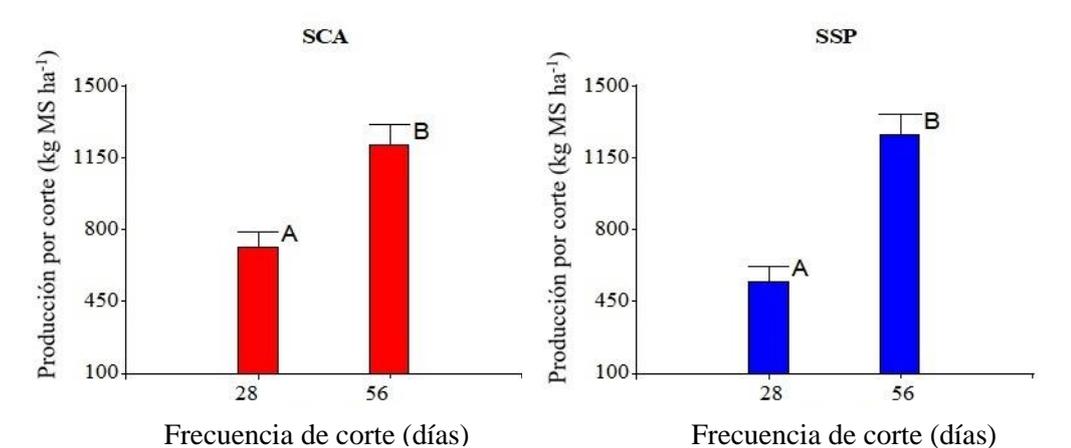
Los registros de medición de la radiación incidente antes de cada corte, nos demuestra la poca cantidad de luz que ingresa en el SSP en relación al SCA. En cuanto a la variación estacional, en el SCA se observa el mayor valor en diciembre y una disminución a medida que fue avanzando el ciclo con el menor valor en el mes de mayo (Figura 4).



**Figura 4:** Registro de la radiación incidente ( $\mu\text{MOL m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) en el sistema a cielo abierto (SCA) y sistema silvopastoril (SSP) previo a cada corte durante el período de crecimiento de Gattón panic.

### Materia seca y componentes del rendimiento

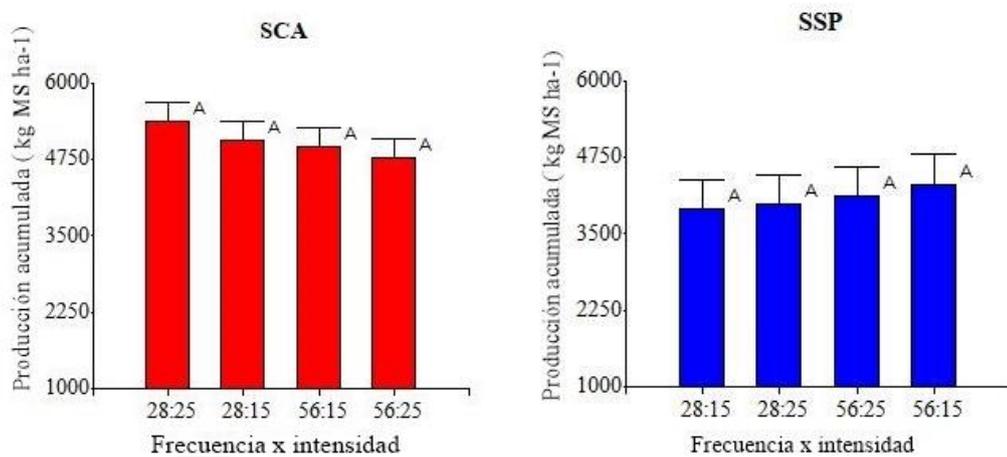
El rendimiento promedio por corte de MS, en la frecuencia de corte más baja (descansos de 56 días) fue significativamente mayor al obtenido con la frecuencia más alta (descansos de 28 días), tanto en el SCA ( $p = 0,0001$ ) como en el SSP ( $p < 0,0001$ ), logrando en promedio  $1216 \text{ kg MS ha}^{-1}$  y  $1264 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , generando una diferencia de rendimiento con la frecuencia de 28 días de  $499 \text{ kg}$  y  $715 \text{ kg}$  en el SCA y en el SSP respectivamente (Figura 5).



**Figura 5:** Producción de materia seca promedio por corte ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) bajo distintas frecuencias (28 y 56 días), en los sistemas a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Sin embargo, no se detectó interacción significativa entre los factores frecuencia e intensidad, ni efectos de la intensidad de corte sobre el rendimiento por corte en ambos sistemas.

La mayor producción de MS por corte obtenida bajo la frecuencia de 56 días no generó una diferencia estadística significativa en la producción acumulada del ensayo dando como resultado en el SCA 4866 kg MS ha<sup>-1</sup> y en el SSP 4213 kg MS ha<sup>-1</sup>. Si se observan todos los tratamientos en ninguno de los dos sistemas hubo diferencias de producción acumulada. Los valores estuvieron en el SCA entre 5386 y 4766 kg MS ha<sup>-1</sup> y en el SSP entre 4318 kg y 3899 kg MS ha<sup>-1</sup> (Figura 6).

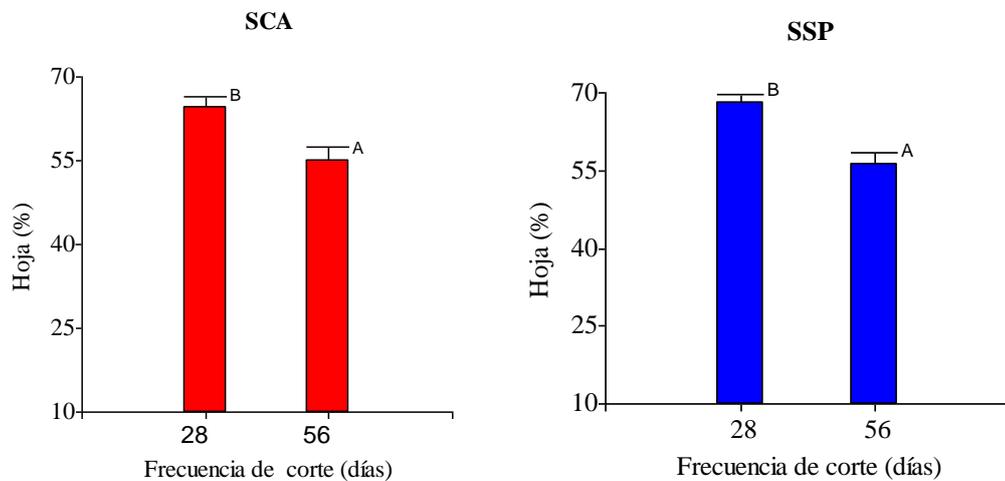


**Figura 6:** Producción acumulada de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) con distinta frecuencia (28 y 56 días) e intensidad (15 y 25 cm) de corte, en los sistemas a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Con respecto a los factores de rendimiento, la frecuencia de corte fue un factor significativo para determinar la relación H/T (SCA,  $p=0,0061$  y SSP,  $p=0,0003$ ), que resultó mayor bajo los cortes cada 28 días en ambos sistemas de producción. El corte más frecuente generó una relación H/T promedio de 2,2 en el SCA y de 2,6 en el SSP, mientras que el menos frecuente la relación H/T fue de 1,3 para el SCA y de 1,2 para el SSP.

El porcentaje de hoja promedio obtenido bajo la frecuencia de corte de 28 días fue significativamente mayor al tratamiento con frecuencia de 56 días, tanto en el SCA ( $p = 0,0030$ ) como en el SSP ( $p = 0,0001$ ), logrando en promedio un 64% de hojas en el SCA y 68% de hojas en el SSP bajo la frecuencia de 28 días (Figura 7), con diferencias de 9 y 12 %, respecto al tratamiento de 56 días, respectivamente. No hubo interacción

significativa entre los factores frecuencia por intensidad, ni efectos de la intensidad de corte sobre el porcentaje de hojas en ambos sistemas.



**Figura 7:** Porcentaje de hojas (Hoja %) del total de materia seca de la planta entera de Gatton panic con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Con respecto a la altura de la pastura, la frecuencia de 56 días generó plantas más altas que las frecuencias de corte de 28 días en ambos sistemas, en el SCA (48% superior) y en el SSP (43% superior) (Tabla 2). No se detectó efectos significativos de la intensidad de corte, ni de la interacción entre los factores frecuencia por intensidad en la altura de la planta.

**Tabla 2:** Altura de Gatton panic (cm) bajo distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.

Frecuencia de corte cm	SCA		SSP	
	Altura cm	EE	Altura cm	EE
28	50 a	3,6	57 a	2,4
56	74 b	5,1	82 b	3,5

La frecuencia de corte no afectó significativamente el número de macollos en ambos sistemas, mientras que la intensidad de corte solo afectó esta variable morfológica en el SCA. El número de macollos al finalizar el ensayo bajo la intensidad de corte a 15 cm fue superior que bajo la intensidad de corte a 25 cm ( $p = 0,0020$ ) (Tabla 3). Con el corte más intenso hubo un incremento en el número de macollos en relación al inicio del

ensayo (710 macollos  $m^{-2}$  vs 810 macollos  $m^{-2}$ ) y no ocurrió lo mismo en el tratamiento de menor intensidad (685 macollos  $m^{-2}$  vs 610 macollos  $m^{-2}$ ).

**Tabla 3:** Número de macollos al finalizar el ensayo (macollos  $m^{-2}$ ) bajo distintas intensidades de corte (15 y 25 cm) en el sistema de producción a cielo abierto (SCA). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.

Intensidad de corte cm	SCA	
	Macollos (macollos $m^{-2}$ )	EE
15	810 b	3,18
25	610 a	3,18

Si bien no se detectó interacción significativa entre frecuencia e intensidad para esta variable, se manifestó un buen número de macollos, con cortes más frecuentes e intensos al final del ciclo en el SCA promediando un total de 870 macollos  $m^{-2}$  para dicho sistema, logrando un aumento en cantidad en relación al inicio del ensayo (740 macollos  $m^{-2}$ ). No ocurrió lo mismo en el SSP que finalizó con 385 macollos  $m^{-2}$  y en menor cantidad que al comienzo (490 macollos  $m^{-2}$ ). La pastura bajo los árboles se encontró limitada por la menor cantidad de luz que ingresó al sistema (Figura 4), esto explica los valores iniciales tan contrastantes. Además la muerte y disminución de macollos producida en el SSP (que no ocurrió en el SCA) fue consecuencia del exceso hídrico que presentaron las parcelas del SSP, debido a las intensas lluvias en los meses de marzo y abril, sumado a que estas parcelas se encontraban en una posición más baja en el relieve y que el Gatton panic no tolera el encharcamiento (Figura 8).



**Figura 8:** Encharcamiento temporal en parcela del sistema de producción silvopastoril, después de la ocurrencia de excesos hídricos.

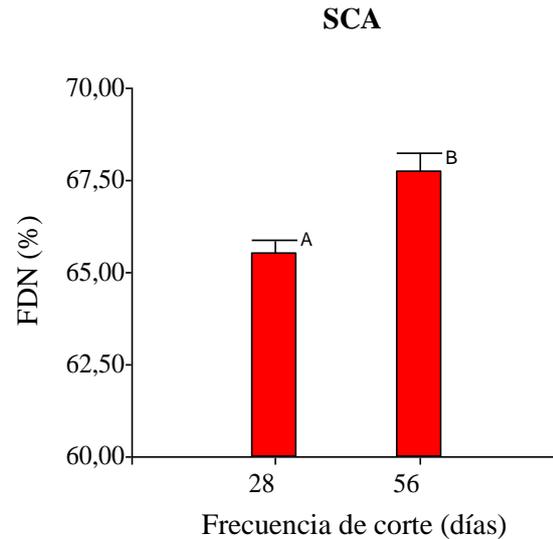
## Valor Nutritivo

El contenido de PB fue significativamente mayor con la frecuencia de corte de 28 días, tanto en el SCA ( $p=0,03$ ) como en el SSP ( $p=0,010$ ). En el SCA el contenido de PB fue de 7,2 %, mientras que en el SSP fue de 13,4 % para la frecuencia de corte de 28 días (Tabla 4). No hubo efecto significativo de la intensidad de corte, ni de la interacción frecuencia por intensidad sobre esta variable.

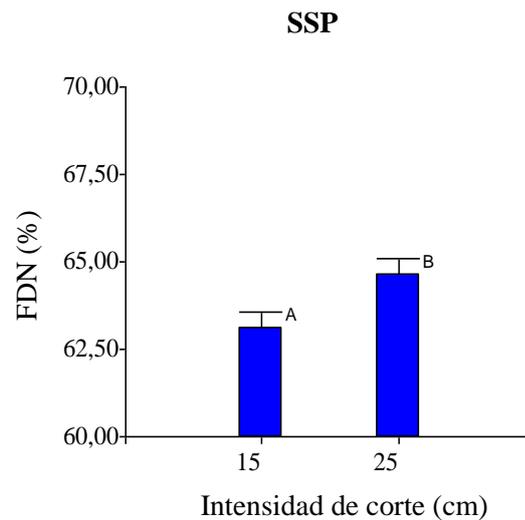
**Tabla 4:** Contenido de proteína bruta (PB %) según las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo a abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.

Frecuencia de corte días	SCA		SSP	
	PB %	EE	PB %	EE
<b>28</b>	7,2 b	0,18	13,4 b	0,33
<b>56</b>	6,6 a	0,24	11,7 a	0,49

Por otra parte, en la variable FDN no hubo efecto significativo en la interacción frecuencia por intensidad. Solo se observaron diferencias significativas del porcentaje de FDN entre las frecuencias de corte en el SCA y con las intensidades de corte en el SSP. El contenido de FDN en el SCA bajo la frecuencia de corte menos frecuente fue 2,2 % superior a la generada con cortes más frecuentes ( $p= 0,0015$ ), siendo los valores medios alcanzados por cada uno de 67,7 y 65,5 %, respectivamente (Figura 9). Asimismo, el contenido de FDN en el SSP bajo la intensidad de corte a 25 cm fue 1,5% mayor al obtenido bajo el corte a 15 cm ( $p=0,007$ ), siendo los valores medios alcanzados por cada uno de 64,8 % y 63,3 %, respectivamente (Figura 10).



**Figura 9:** Porcentaje de fibra detergente neutro (FDN %) con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) en el sistema a cielo abierto (SCA). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 10:** Porcentaje de fibra detergente neutro (FDN %) con distintas intensidades de corte (15 y 25 cm sobre el nivel del suelo) en el sistema silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

El porcentaje de FDA fue significativamente mayor con cortes menos frecuentes tanto en el SCA ( $p=0,03$ ) como en el SSP ( $p=0,02$ ). La diferencia entre frecuencias de corte fue de 1,77 % en el SCA y de 2,23 % en el SSP (Tabla 5). No se detectó efecto significativo de la intensidad de corte ni de la interacción entre los factores frecuencia e intensidad en el contenido de FDA.

**Tabla 5:** Porcentaje de fibra detergente ácido (FDA %) de acuerdo a las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). EE: error estándar estimado de la media.

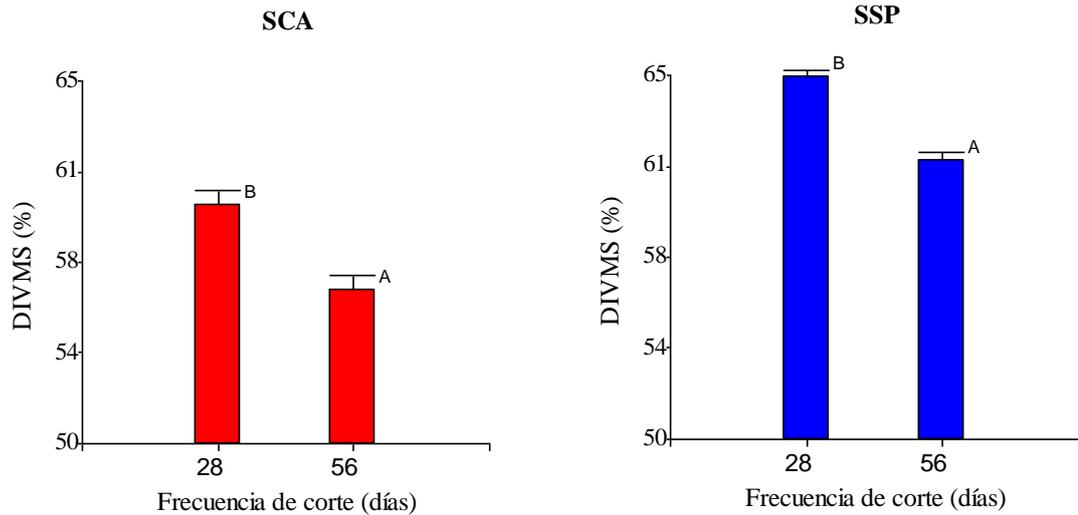
Frecuencia de corte días	SCA		SSP	
	FDA %	EE	FDA %	EE
<b>28</b>	33,9 a	0,48	30,8 a	0,52
<b>56</b>	35,7 b	0,66	32,9 b	0,77

Por otro lado, la estimación de la ED de Gatton panic fue significativamente menor con cortes cada 56 días en el SCA, en cambio no hubo efecto de la frecuencia de corte en el SSP (Tabla 6). Asimismo, tampoco fueron significativas las intensidades de corte, ni la interacción frecuencia por intensidad en la ED en ambos sistemas.

**Tabla 6:** Energía digestible (ED Mcal kg MS<sup>-1</sup>) de acuerdo a las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). EE: Error estándar estimado de la media.

Frecuencia de corte días	SCA		SSP	
	ED Mcal kg MS <sup>-1</sup>	EE	ED Mcal kg MS <sup>-1</sup>	EE
<b>28</b>	2,90 b	0,02	2,99 a	0,02
<b>56</b>	2,83 a	0,02	2,93 a	0,03

En cuanto a los resultados de la DIVMS de la pastura, hubo diferencias significativas entre frecuencias de corte, siendo esta mayor con cortes cada 28 días, tanto en el SCA como en el SSP (Figura 11). No hubo efecto significativo de la intensidad de corte ni de la interacción frecuencia por intensidad en el porcentaje de DIVMS, en ambos sistemas evaluados.



**Figura 11:** Digestibilidad verdadera in vitro de la materia seca (DIVMS %) de acuerdo a las frecuencias de corte (28 y 56 días) en los sistemas de producción a cielo abierto (SCA) y silvopastoril (SSP). Las líneas verticales en cada columna indican el error estándar estimado de la media. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

La MS digestible (MS acumulada x DIVMS) y el contenido de PB acumulado (MS acumulada x % PB) aumentaron bajo el corte más frecuente en el SCA (Tabla 7), mientras que no hubo diferencias significativas entre frecuencias de corte en el SSP para estas variables (Tabla 8).

**Tabla 7:** Producción acumulada (kg MS ha<sup>-1</sup>), proteína bruta (PB kg ha<sup>-1</sup>) y materia seca digestible (MS digestible kg ha<sup>-1</sup>) de Gatton panic, con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) bajo el sistema de producción a cielo abierto (SCA). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

SCA			
Frecuencia de corte días	kg MS ha <sup>-1</sup>	PB kg ha <sup>-1</sup>	MS digestible kg ha <sup>-1</sup>
28	5288 a	374 b	3222 b
56	4866 a	301 a	2747 a

**Tabla 8:** Producción acumulada (kg MS ha<sup>-1</sup>), proteína bruta (PB kg ha<sup>-1</sup>) y materia seca digestible (MS digestible kg ha<sup>-1</sup>) de Gatton panic, con distintas frecuencias de corte (28 y 56 días) bajo el sistema de producción silvopastoril (SSP). Letras distintas entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

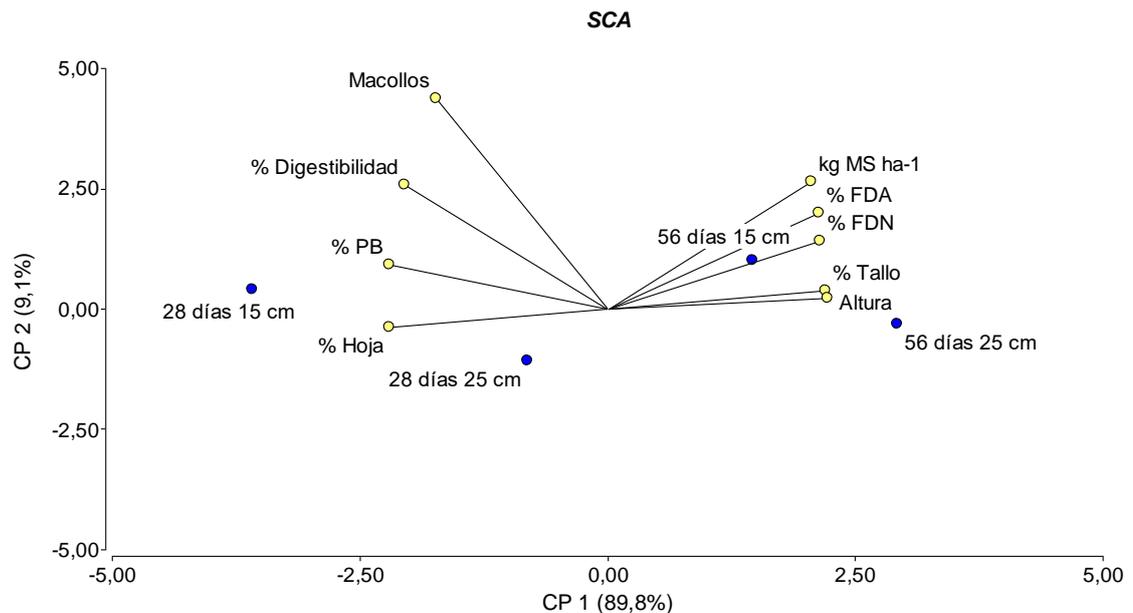
SSP			
Frecuencia de corte días	kg MS ha <sup>-1</sup>	PB kg ha <sup>-1</sup>	MS digestible kg ha <sup>-1</sup>
28	3940 a	522 a	2554 a
56	4213 a	487 a	2599 a

Mediante el análisis de componentes principales (ACP), se relacionaron las distintas variables medidas para cada sistema de producción evaluado. En ambos sistemas la componente principal 1 (CP1) explicó la mayor parte de la variación total (89 % en el SCA y 77% en el SSP). Los porcentajes de variabilidad que explicaron las CP2 fueron 9 % y 15 % para SCA y SSP, respectivamente.

En el SCA la CP1 se asoció con mayor carga y positivamente con el porcentaje de tallo, la altura de la planta en el momento de corte, la FDN, FDA y la MS acumulada; y negativamente con la PB, el porcentaje de hoja y la digestibilidad (Tabla 9).

En general, los cortes a los 28 días se asociaron con las variables de porcentajes de PB, digestibilidad y hoja; al contrario, los cortes a los 56 días se asociaron con mayores porcentajes de tallo y fibra, y altura (Figura 12).

Por otra parte, la CP2 fue determinada por el número de macollos, que fue la variable con mayor carga (Tabla 9). Se podría decir que los cortes realizados a 15 cm en general presentaron mayor número de macollos.



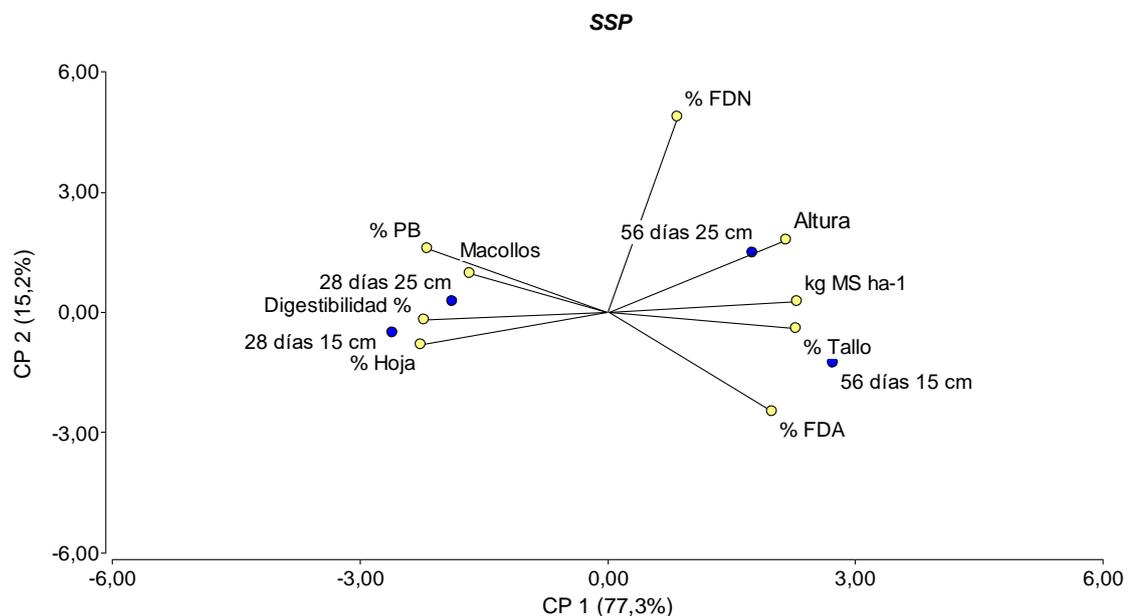
**Figura 12:** Ubicación de las variables de producción y calidad de Gatton panic según las frecuencias (28 y 56 días) e intensidades (15 y 25 cm) de corte en los primeros dos ejes del Análisis de Componentes Principales en el sistema de producción a cielo abierto (SCA).

**Tabla 9:** Valores de cada variable en el sistema a cielo abierto (SCA) de las CP1 y CP2.

<b>Variables</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
PB	-0,35	0,14
FDN	0,34	0,22
FDA	0,34	0,32
Hoja	-0,35	-0,06
Tallo	0,35	0,06
Digestibilidad	-0,32	0,41
Macollos	-0,27	0,69
kg MS ha <sup>-1</sup>	0,33	0,42
Altura	0,35	0,04

En el SSP, la CP1 se asoció positivamente con la MS acumulada, el porcentaje de tallo y la altura; y negativamente con los porcentajes de hoja, digestibilidad y PB. La variable que mayor carga tuvo en la CP2 para explicar la variabilidad fue el porcentaje de FDN (Tabla 10).

En general, los cortes a los 28 días se asociaron con los porcentajes de PB, digestibilidad y de hoja. Al contrario, los cortes a los 56 días se asociaron con mayores porcentajes de tallo, altura y porcentaje de fibra (Figura 13).

**Figura 13:** Ubicación de las variables de producción y calidad de Gatton panic según las frecuencias (28 y 56 días) e intensidades (15 y 25 cm) de corte en los primeros dos ejes del Análisis de Componentes Principales en el sistema de producción silvopastoril (SSP).

**Tabla 10:** Valores de cada variable en el sistema silvopastoril (SSP) de las CP1 y CP2.

<b>Variables</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
PB	-0,36	0,26
FDN	0,14	0,8
FDA	0,33	-0,41
Hoja	-0,37	-0,13
Tallo	0,37	-0,07
Digestibilidad	-0,36	-0,03
Macollos	-0,27	0,16
kg MS ha <sup>-1</sup>	0,37	0,04
Altura	0,35	0,29

## DISCUSIÓN

La producción de las pasturas varía con la especie, el ambiente y las condiciones climáticas (Pueyo y Nanning, 2011). En las pasturas megatérmicas las temperaturas son importantes para el crecimiento, siendo las óptimas entre 30 y 45°C (Labarthe *et al.*, 2009). Las mayores temperaturas en este estudio se midieron en los meses de diciembre, enero y febrero, cuando estas pasturas y en particular el Gatton panic concentran el mayor porcentaje de producción. Sin embargo, durante el período del ensayo también ocurrieron buenas condiciones para el crecimiento de la pastura en otoño debido a las altas precipitaciones y temperaturas durante esta estación.

El manejo es muy importante en las pasturas ya que afecta tanto la acumulación de forraje, la composición morfológica y la estructura de los pastos (Reynoso *et al.*, 2009). En este ensayo en particular, la menor frecuencia de corte (cada 56 días en relación con 28 días) determinó un mayor rendimiento promedio por corte en ambos sistemas evaluados (Figura 5). Este resultado fue similar al de Santos *et al.*, (1999), quienes mostraron que la cantidad de forraje por corte aumentó a medida que el intervalo de pastoreo se incrementó de 28 a 48 días en dos cultivares de *Megathysus maximus*. Para da Silva *et al.* (2015) el problema de manejar tiempos de rebrotes muy largos en pasturas megatérmicas es que la acumulación de forrajes es buena, pero con alta proporción de tallos, debido a que en la primera etapa del rebrote el principal componente acumulado es hoja, pero después la competencia por luz dentro del canopeo aumenta y por lo tanto aumenta el desarrollo del tallo. La frecuencia de corte cada 28 días compensó el menor rendimiento por corte, con el aumento del número de pastoreos en el año pero no logró significativamente mayor producción acumulada durante el ciclo de la pastura, en coincidencia con lo documentado por Carnevalli *et al.* (2006). Este resultado conduce a rechazar la Hipótesis 1 en la cual se planteaba que la mayor frecuencia de cortes incrementaría la producción de la pastura generando una mayor rendimiento acumulado durante el ciclo de la misma. Aunque en el SCA, sin embargo, en el sentido de la Hipótesis 1 planteada, se observó un rendimiento acumulado aceptable (5.386 kg MS ha<sup>-1</sup>) con la mayor frecuencia de corte y 25 cm de remanente. Por su parte, el SSP mostró un rendimiento acumulado aceptable (4.318 kg MS ha<sup>-1</sup>) con la frecuencia de 56 días y un remanente de 15 cm. El inferior ingreso de luz en el SSP con respecto al SCA (120 μMOL m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y 993 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente) podrían explicar que los mayores intervalos entre pastoreos favorezcan la mejor recuperación de la pastura en el SSP y una mejor

productividad, sin embargo no se observó una diferencia significativa en tal sentido. Macedo *et al.* (2021) explican, que una mayor frecuencia de defoliación, puede tener similar rendimiento acumulado al finalizar el ciclo, que una menor frecuencia, las diferencias están dadas en que el crecimiento es debido a la cantidad de macollos y renovación de tejidos en el primer caso y debido a la elongación de tallos y material muerto en el segundo caso.

Con respecto a la intensidad de corte no se observaron diferencias significativas en ninguno de los dos sistemas, descartando por lo tanto la Hipótesis 2, que postuló que remanentes más altos generarían mayor producción. Sin embargo, en el SSP donde el ingreso de luz es menor (Figura 4), si los cortes se realizan con mayor frecuencia, podrían combinarse con menos intensidad, con el objeto de que la mayor retención de área foliar genere una mayor velocidad de recuperación de la pastura y por lo tanto mayor rendimiento, tal como expresa Cecato *et al.* (2000).

En este trabajo, los rendimientos acumulados en ambos sistemas de producción estuvieron por debajo del promedio documentado en la zona, que alcanzan  $5.718 \text{ Kg MS}^{-1}$  y  $8.794 \text{ Kg MS}^{-1}$  en el SSP y SCA, respectivamente (Chiossone *et al.*, 2014). Estos resultados podrían tener distintos motivos en cada uno de los casos. En el SCA podría deberse a que la experiencia fue realizada en un lote que viene con muchos años de uso agrícola, ya que el Gatton panic es una especie que muestra pobre desempeño en condiciones de baja fertilidad (Chiossone *et al.*, 2017). Por un lado, en el SSP, el bajo rendimiento podría estar afectado por el anegamiento de las parcelas y la falta de tolerancia de la especie a dicha condición (Chiossone, 2014). Por otro lado, podría deberse al menor ingreso de luz (Figura 4) a la parcela del ensayo con respecto a otros SSP, debido a que los algarrobos del estrato arbóreo nunca fueron raleados en sus 10 años de vida, acentuando la competencia por luz que constituye el principal factor que afecta a la producción forrajera en estos sistemas (Carranza y Ledesma, 2009).

La falta de raleo de los árboles amplifica la diferencia de rendimiento entre ambos sistemas, ya que el rendimiento de Gatton Panic siempre es superior bajo luz plena (SCA) en comparación con lugares con alta densidad de árboles (Obispo *et al.*, 2008), debido a que la tolerancia a la sombra de esta especie forrajera es parcial (Medinilla Salinas *et al.*, 2013). Si bien la presencia de árboles reduce la producción de Gatton Panic, una de las ventajas de los SSP es que los rendimientos no se ven tan afectados cuando las precipitaciones están debajo del promedio, como ocurre en muchas oportunidades en esta región, debido a la acción indirecta de los árboles sobre los factores temperatura, humedad

y velocidad del viento que generan un microclima favorable para el crecimiento de la gramínea (Carranza y Ledesma, 2009; Bottegal, 2020).

La importancia del número de macollos radica en que éstos son la unidad de crecimiento de la pastura. Puede haber mucha variabilidad en su número, dependiendo del ambiente, del nivel de defoliación y la fase de desarrollo en que se encuentra la pastura (Santos *et al.*, 2003). En este estudio, se observaron variaciones en el número de macollos de las plantas en ambos sistemas. En particular, en el SSP el encharcamiento de algunas parcelas al final del ensayo afectó la supervivencia de los macollos. Además, la cobertura de árboles no favoreció el macollaje, tal como se observó en el número de macollos al inicio del ensayo y como también lo expresan estudios previos (Navarro y Villamizar, 2012; dos Santos Neto, 2023). En relación al manejo, da Silva (2004) demostró que cuanto menos frecuentes e intensos son los cortes, es menor el número de macollos, pero de mayor tamaño. En concordancia a dicha afirmación, estos resultados revelaron un número significativamente mayor de macollos en las plantas del SCA bajo cortes más intensos y un buen número de macollos en cortes más frecuentes e intensos. Esta situación pudo deberse a que el mayor ingreso de luz a la base de la planta activó las yemas productoras de macollos (Agnusdei, 2013).

Un factor importante en la determinación de la frecuencia óptima de pastoreo es su efecto sobre la relación H/T de la pastura, ya que es un indicador de la calidad forrajera de la misma. Santos *et al.* (2003) postulan que es mejor minimizar la cantidad de tallos en lugar de maximizar la tasa de acumulación de forraje y por lo tanto consideran a la relación H/T un verdadero parámetro para definir los periodos de descanso. En este experimento, la mayor frecuencia de corte determinó mayor relación H/T en las pasturas de ambos sistemas evaluados: los cortes cada 28 días determinaron una relación H/T de 2,6 en el SSP y de 2,2 en el SCA, mientras que la relación H/T de la pastura bajo cortes cada 56 días fue 1,2 y 1,3 respectivamente. La relación H/T de la pastura registrada en este experimento fue superior a la medida en el cultivar Mombasa, tanto con descansos cada 28 días (1,3), como con descansos cada 48 días (0,9) (Santos *et al.*, 1999). Los valores de relación H/T obtenidos en el presente experimento indican que la calidad de la pastura es aceptable bajo ambas frecuencias de corte estudiadas, ya que los valores se encuentran por encima de 1, valor límite que determina la pérdida de calidad (Pinto *et al.*, 1994).

La mayor frecuencia e intensidad de corte tendieron a aumentar la calidad de la pastura debido al mayor porcentaje de hojas presente, tal como ha reportado Carnevalli

(2003). Sin embargo, fue la frecuencia de corte lo que determinó diferencias significativas en ambos sistemas, en concordancia con la información disponible (Santos *et al.*, 1999; Da Silva *et al.*, 2009; Reynoso *et al.*, 2009). Los descansos cada 28 días determinaron un promedio de 68 % y 64 % de hojas en SSP y SCA, respectivamente, mientras que el porcentaje disminuyó a 56 % y 55 % con descansos cada 56 días. La disminución del porcentaje de hojas a medida que pasa el tiempo es el resultado del corto período vegetativo de las gramíneas megatérmicas, aspecto que las diferencia de las gramíneas templadas.

El desarrollo del tallo es el principal problema relacionado con la degeneración de la estructura de la pastura, lo que provoca una reducción en el valor nutritivo y en el consumo por parte de los animales (Da Silva, 2004). En este ensayo, la menor frecuencia de corte (56 días vs. 28 días de descanso) determinó los mayores porcentajes de tallos tanto en SCA como en SSP. A medida que avanza el ciclo de crecimiento y recuperación de las pasturas megatérmicas gran parte de los hidratos de carbono disponibles son depositados en el tallo (Carvalho *et al.*, 2017). La acumulación de biomasa post defoliación de los pastos tropicales (C<sub>4</sub>) es un proceso que consta de dos fases: acumulación de hojas hasta la estabilización cuando se intercepta un 95 % de la luz incidente y posteriormente incrementos en la acumulación de tallos y senescencia foliar (da Silva, 2004). Es probable que con descansos de 56 días se haya alcanzado el 95 % de intercepción y que esto fuera la causa de mayor desarrollo de tallos en estos tratamientos. En la actualidad se buscan plantas más chicas con menor desarrollo de tallo y hojas más cortas, para evitar las pérdidas de calidad debida a la mayor cantidad y mayor grosor de pared celular que requieren las plantas grandes para soportar su estructura (Pueyo, 2015).

En este experimento, a menor frecuencia de corte las plantas fueron más altas, con mayor porcentaje de tallo y por lo tanto menor calidad. En el mismo sentido Carnevalli (2003) observó que a medida que aumentaba el período de descanso hasta interceptar el 100 % de la luz incidente se lograban plantas más altas, pero esto no significaba mayores rendimientos, y sí pérdida de calidad.

La calidad de las pasturas determina el valor nutricional y consecuentemente la productividad de los animales. El contenido de proteína (PB) es una de las variables de la calidad más influyentes en la producción animal (Jiménez *et al.*, 2004). Los resultados de esta investigación mostraron que una menor frecuencia de corte disminuyó el porcentaje de PB, tanto en el SCA como en el SSP, aunque con marcadas diferencias en los valores absolutos entre sistemas. En el SCA, mientras que bajo cortes cada 28 días el contenido

de PB fue 7,2 %, bajo cortes cada 56 días este contenido se redujo a 6,6 %, valores similares a los hallados por Cornacchione *et al.* (2008) para Gatton panic. Estos autores consideran que esos valores son bajos y se lo atribuyen a la escasa fertilidad edáfica, tal como ocurrió con estas pasturas, sembradas en un suelo probablemente degradado debido a muchos años de agricultura continua. Mayores valores de PB con alta frecuencias con respecto a baja frecuencia de corte también fueron documentados por Patiño Pardo *et al.* (2018) para los cultivares Tanzania - Mombasa y para Gatton panic por De León (2008) y Schnellmann *et al.* (2020). La disminución de proteína al disminuir la frecuencia de corte se relacionó con la disminución del porcentaje de hojas (principal sitio donde se concentran las proteínas) y el aumento del porcentaje de tallos, cuya concentración proteica es menor (Minson, 1992). Entre cultivares de la misma especie la calidad está relacionada a la mayor proporción de hojas que puedan mantener (Arroquy e Imaz, 2015). Por su parte, en el SSP cuyos valores de PB fueron considerablemente más elevados, también se observó mayor contenido de proteínas para los descansos cada 28 días con respecto a 56 días (13,4 % y 11,7 %). Estos valores son muy buenos para pasturas megatérmicas que habitualmente presentan baja calidad y serían consecuencia del cambio químico a favor del aumento de sustancias nitrogenadas de las pasturas que crecen a la sombra (Wong, 1990; Pentón y Blanco, 1997).

Si bien los cortes más frecuentes no resultaron en un mayor rendimiento acumulado, en el SCA el aumento del porcentaje de PB determinó una mayor acumulación de PB. Esto demuestra la importancia de realizar cortes más frecuentes en el SCA para mejorar la oferta de PB (De León, 2008), sobre todo en verano donde la disminución de la proteína es más notoria debido a la velocidad del desarrollo fenológico (Arroquy e Imaz, 2015).

Otro parámetro importante de la calidad forrajera es la digestibilidad de la MS, que puede caracterizarse con dos indicadores: el porcentaje de FDN y el de FDA. La FDN, es un parámetro importante porque se correlaciona con el consumo voluntario de los animales, que se reduce a medida que aumenta el porcentaje de FDN en el forraje (Van Soest, 1965). Por su parte, el porcentaje FDA, depende del contenido de lignina del forraje. El mayor contenido de lignina actúa como barrera física para las bacterias del rumen, impide el acceso a las enzimas, reduce la digestibilidad de la pared celular (Stritzler *et al.*, 2009) y por lo tanto baja la digestibilidad del forraje (Branco, 2006; da Silva *et al.*, 2015). En este estudio, la FDN y la FDA aumentaron al disminuir la frecuencia de corte bajo ambos sistemas estudiados, coincidiendo con investigaciones de

Patiño Pardo *et al.* (2018). El mayor porcentaje de FDN y FDA es el resultado del avance del estado de madurez de la pastura (De León, 2004), ya que se van generando estructuras de sostén y hay un aumento de fibra, lignina, y hojas muertas (De León 2008). En el presente ensayo, la menor frecuencia de corte aumentó el porcentaje de tallo y, por lo tanto, el valor de los indicadores mencionados. La necesidad de sostener una estructura más grande de la planta pudo haber sido la causante del aumento de los contenidos de celulosa y lignina. Estas estructuras indigestibles son necesarias durante la acumulación de MS, para que no ocurra un colapso de la estructura de la planta (Lemaire y Gastal, 1997) lo que le permite resistir distintos factores ambientales. Por esta razón, en las especies C<sub>4</sub> que tienen la característica de una mayor tasa de lignificación y aumento de pared celular en tallos y en hojas más grandes, se debe buscar plantas de menor estructura y con hojas más cortas (Nenning, 2009).

Por su parte, el factor intensidad de corte no modificó el contenido de FDN en el SCA coincidiendo con lo observado por Machado *et al.* (1998), mientras que, en el SSP, a mayor intensidad de corte (15 cm vs. 25 cm), hubo un menor porcentaje de FDN (63,3 % vs. 64,8 %), tal como observaron Teixeira *et al.* (2005). Estos autores atribuyen este resultado a la reducción en la cantidad de material muerto generado por la mayor intensidad. Sin embargo, advierten que si la intensidad es muy elevada podrían bajar mucho los carbohidratos no estructurales de tallos y raíces, perjudicando al rendimiento futuro. Además del manejo y el ambiente, la FDN depende del genotipo, ya que el promedio para el cultivar Mombasa es 74 % y el de Tanzania 71 % (Patiño Pardo *et al.*, 2018).

Los cambios en PB, FDN y FDA varían principalmente según el estado fenológico (Beguet y Bavera, 2001). Con el envejecimiento de la planta se dan cambios en su calidad nutricional disminuyendo su masa foliar, con relación a la cantidad de tallos y esa regresión trae aparejada una disminución de las sustancias nitrogenadas y aumento de celulosa y lignina, lo que ocasiona una baja en la digestibilidad. En este experimento la menor frecuencia de corte determinó un menor porcentaje de digestibilidad en las pasturas de ambos sistemas evaluados: los cortes cada 56 días determinaron una digestibilidad de 56,3 % en el SCA y de 61,5 % en el SSP, mientras que cortes cada 28 días 59,8 % y 64,9 %, respectivamente, resultados que coinciden con los obtenidos por De León (2008). Como resultado de estos cambios, en el SCA el manejo más frecuente permitió acumular mayor cantidad de MS digestible, mientras que en el SSP los kilos de MS digestible acumulados no mostraron diferencias significativas debido a la frecuencia de corte.

Leng (1990) establece los valores de 55 % de digestibilidad y 8 % de PB como umbrales de calidad forrajera. En este estudio, la proteína en el SSP y la digestibilidad en ambos sistemas fueron superiores a estos umbrales, mientras que los niveles de proteína en el SCA fueron inferiores independientemente del manejo.

Debido a que la frecuencia de corte fue el factor determinante tanto de la digestibilidad como de la PB de la pastura y no se registró un efecto significativo en la interacción frecuencia por intensidad de corte, se rechaza la Hipótesis 3, que planteaba que cortes más frecuentes y menos intensos, incrementarían la digestibilidad y proporción de proteína de la pastura.

El principal aporte del trabajo fue la información que demuestra que con un manejo adecuado se podrían lograr buenas producciones de forraje y de buena calidad, ya sea en el SCA o en el SSP. Para este último, los registros que existen en la región sobre el comportamiento de la especie forrajera bajo la sombra es limitada, por lo tanto haber obtenidos datos de producción y calidad es muy interesante. Uno de los inconvenientes que se tuvo fue el período de exceso de precipitaciones. Algo que ocurre frecuentemente en la región, es alternancia de las condiciones climáticas de un año al otro. Debido a esto sería importante medir más años para ir comparando los resultados.

## CONCLUSIONES

- La frecuencia de corte fue más determinante que la intensidad de corte en las variables analizadas. La frecuencia más alta (cortes cada 28 días) resultó la más adecuada para el manejo de la pastura en estudio, particularmente en el SCA.
- Mayor rendimiento por corte no resultó en mayor rendimiento acumulado debido a que, si bien la menor frecuencia (mayor tiempo de descanso entre cortes) aumento el rendimiento por corte, bajo este régimen de defoliación se redujo la cantidad de cortes durante la estación de crecimiento.
- La estructura y calidad forrajera de estas pasturas puede ser manejadas mediante el régimen de defoliación. Los regímenes más frecuentes lograron plantas con mayor cantidad de hojas, y por lo tanto, con mejores porcentajes de proteína bruta, digestibilidad y menores porcentajes de FDA.
- La densidad de macollos podría ser una variable a estudiar con mayor detalle en un próximo ensayo debido a la variabilidad que presenta.

## PROYECCIONES FUTURAS

La utilización de pasturas en el Norte del país podría ser de gran utilidad para mejorar la receptividad de los campos. Cuando estas son incorporadas en SSP complementarían a un manejo sustentable del ambiente. Los bajos índices de destete de la región podrían elevarse si se incorporan pasturas a los sistemas ganaderos, además de mejorar la utilización de los pastizales naturales.

No solo es importante aumentar la superficie de pasturas sino también el manejo de las mismas en cuanto a carga animal, frecuencia e intensidad de corte. En este ensayo quedó demostrado que a medida que disminuyó la frecuencia de corte de la pastura, la misma fue perdiendo calidad, por lo tanto, cuando las tasas de crecimiento son elevadas, un aumento de la frecuencia de corte permitiría ofrecer un alimento de mejor calidad al animal y así obtener mejores ganancias de peso.

Hoy en día las investigaciones incluyen otros parámetros para determinar las frecuencias de pastoreo como la utilización de los grados días y la vida foliar media. También se puede utilizar la intercepción de luz, debido a que a partir del 95 % de intercepción las pasturas empiezan a producir más cantidad de tallos y esto afecta la estructura y calidad de las mismas. Todo esto es muy interesante de investigar y encontrar alguna relación con parámetros prácticos para poder transmitir a los productores.

## BIBLIOGRAFIA

- Adamoli, J., Sennhauser, E., Acero J.M. y Rescia, A. 1990. Stress and Disturbance: Vegetation Dynamics in the Dry Chaco Region of Argentina. *Journal of Biogeography*, 17, 491-500.
- 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.
- Ankom. 2005. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique. Ankom Technolgy.
- Ankom Technolgy. Procedures for fiber and in vitro analysis. <http://www.ankom.com/homepage.html>. Acceso 15-10-2019.
- Arroquy, J.I. e Imaz, A. 2015. Valor nutritivo y aprovechamiento de pasturas tropicales. Informe Técnico N° 60 presentado en la II Jornada Nacional de Forrajeras Tropicales, 27-38. Rafaela, Santa Fe, Argentina: INTA Ediciones.
- Baldassini, P., Despósito C., Piñeiro, G., Paruelo, J.M. 2018. Silvopastoral systems of the Chaco forests: Effects of trees on grass growth. *Journal of Arid Environments* 156: 87-95.
- Barbera, P. 2015. Rol actual y potencial de las forrajeras tropicales en los sistemas ganaderos de ambientes húmedos (Informe Técnico N° 60 presentado en la II Jornada Nacional de Forrajeras Tropicales, 39-52). Rafaela, Santa Fe, Argentina: INTA Ediciones.
- Barbera, P. 2017. Pasturas templadas en el Centro y Sur de Corrientes. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. Hoja Informativa N° 90. Abril, 2017.
- Barbera, P. 2018. Recursos forrajeros implantados. En: Cría vacuna en el NEA. Ediciones INTA.
- Barbera, P. 2018. Pasturas estivales. *Revista Amanecer Rural*. Edición. N° 196. Noviembre, 2018. <http://amanecerrural.com.ar/es/noticia/8368-revista-pasturas-estivales>.
- Beguet, H.A. y Bavera, G.A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. *Producción Bovina de Carne*, FAV UNRC. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) Acceso 20 mayo 2008.
- Boddey, R., Macedo, R., Tarré, R., Ferreira, E., De Oliveira, O., Rezende, C., Cantarutti, R., Pereira, J., Alves, B., Urquiaga, S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 103, 389 – 403.
- Bottegal, D.N. 2020. Estrés calórico en bovinos y los sistemas silvopastoriles: experiencias que aportan a evaluar las condiciones ambientales y determinar los riesgos y beneficios. Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS)-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

- Branco, A.F. 2006. Caracterização de alimentos para ruminantes. Disponible en: <http://www.potasal.com.br>. Acceso: 10 febrero 2007.
- Bremner, 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. y Heitschmidt, R.K. 1991. An ecological perspective. In: Heitschmidt, R.K. and Stuth J.W. *Grazing management: An ecological Perspective.* 11-26. Timber Press. Portland Oregon.
- Cangiano, C.A. y Brizuela, M.A. 2011. Efecto del animal sobre la pastura. En: C. A. Cangiano (Ed.) *Producción Animal en Pastoreo.* INTA. Balcarce.
- Canosa, F., Iriarte, I., Tonelli, V. 2009. El futuro de la ganadería. *Boletín de la Asociación Argentina de Angus.* Bs. As. Sitio Argentino de Producción Animal. 1-6.
- Carnevali, R.A., Da Silva, A.A.O., Bueno, F.O., Hodgson, J., Silva, GN., Morais, J.P.G. 2006. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical Grasslands.* 40, 165 – 176.
- Carnevali, R.A. 2003. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Carranza, C.A. y Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. En *Anales XIII Congreso Forestal Mundial.* FAO. 18-23.
- Carvalho, A.L.S., Martuscello, J.A., Almeida, O.G.D., Braz, T.G.D.S., Cunha, D.D.N.F.V.D. y Jank, L. 2017. Production and quality of Mombaça grass forage under different residual heights. *Acta Scientiarum. Animal Sciences.* 39(2), 143-148.
- Casado, M.V. y Cavalieri, J.M. 2016. Comportamiento de *Panicum maximum* ‘Gatton’ en dos sistemas de pastoreo. *Revista Agrotecnia.* (23), 5-9.
- Cecato, U., Machado, A., Martins, E., Pereira, L., Barbosa, M., Santos, G. 2000. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 29(3), 660-668.
- Chalupa, W. y Ferguson, J.D. 1988. Recent concepts in protein use for ruminants examined. *Feedtuffs,* June 13.
- Chaparro C.J. 1998. Forrajeras cultivadas para diferentes ambientes de Chaco y Formosa: Guía de especies forrajeras para Chaco y Formosa. Sáenz Peña, Chaco. Ediciones INTA.

- Chiossone, G. 2012. Efectos de un pastoreo con 3 cargas sobre un Pajonal de *Sorghastrum setosum* en: Chiossone, G. (2018). Reconocimiento y manejo de ambientes naturales del Chaco Húmedo Formoseño. Buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal. Kit de extensión para las Pampas y Campos. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires.
- Chiossone, J.L., Vicini, R.A., Jacquet, A. y Ondo Misi, S.G. 2014. Comportamiento de Gattón Panic en Chaco (Argentina), mejoramiento en la utilización con suplementación y confinamiento en autoconsumo de silajes. En XXII Congreso Internacional de transferencia de Tecnología Agropecuaria, Consorcios de Ganaderos para Experimentación Agropecuaria. Asunción, Paraguay.
- Chiossone, J.L., Vicini, R.A., Lertora R.D. 2017. Producción Forrajera de gramíneas megatérmicas en el Oeste del Chaco. Revista Argentina de Producción Animal. Vol.37 (1).
- Colombatto, D. 2000. Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. Informe técnico. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Cornacchione, M. 2008. Crecimiento, producción y calidad de gramíneas tropicales en ambientes sombreados. En: Kunst, C.; Ledesma, R.; Navall, M. RBI: Rolado selectivo de baja intensidad (108-111). Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Cornacchione, M.V., Fumagalli, A.E., González Pérez, M.A., Salgado, J.M., Oneto, C., Sokolic, L. y Mijoevich, L. 2008. Calidad estivo-otoñal de cuatro gramíneas forrajeras subtropicales. Revista Argentina de Producción Animal, 28 (1), 349-543.
- Costa, N.L., Jank, L., dos Santos Fogaça, F.H., Magalhães, J.A., Bendahan, A.B., de Seixas Santos, F.J. y Nunes Rodrigues, B.H. 2018. Rendimiento de forragem, composição química e morfogênese de *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1 sob frequências dedesfolhação. 4, 1-7.
- Costa, N.L., Jank, L., Magalhães, J.A., Rodrigues, A.N.A., Bendahan, A.B., dos Santos Fogaça, F.H. y de Seixas Santos, F.J. 2019. Produtividade de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Megathyrus maximus* cv. Zuri sob níveis de desfolhação. Pubvet, 13, 148.
- Costa, N.L. 2020. Características morfogénicas y estructurales de *Megathyrus maximus* cv. Centenário bajo intensidades de defoliación. Research, Society and Development. 9 (5).
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Murgueitio, E., Chará, J.D.; Ku, J., Solorio, F.J., Flores, M.X.; Solorio, B. y Barahona, R. 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias .27, 76-94.

- da Silva, S.C. 2004. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. En: International Symposium on Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, 2., Curitiba.
- da Silva, S.C.; Bueno, A.A.D.O., Carnevalli, R.A., Uebele, M. C., Bueno, F.O., Hodgson, J., Arnold C.G. y Morais, J.P.G.D. 2009. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. Scientia Agrícola. 66, 8-19.
- da Silva, S.C., Sbrissia, A.F. y Pereira, L.E.T. 2015. Ecophysiology of C4 forage grasses understanding plant growth for optimising their use and management. Agriculture, 5(3), 598-625.
- De León, M. 2004. Pautas para el manejo de pasturas subtropicales. (Informe técnico N° 6 En: 2° Jornada Ampliando la frontera Ganadera pp. 1-10). Manfredi, Córdoba. Ediciones INTA.
- De León, M. 2007. Interacciones pastura-animal. Agromercado: Cuadernillo clásico de forrajeras N°135.
- De León, M. 2008. Cómo mejorar la ganadería subtropical con pasturas megatérmicas. AgroMercado: Cuadernillo clásico de forrajeras, (143).
- Delvalle, P., Gándara, F., D'Agostini, A., Balbuena, O., Monicault, L. y Atanasio, M. 2012. Tecnología en desarrollo para el manejo silvopastoril en el Chaco Húmedo Argentino. Colonia Benítez, Chaco: Ediciones INTA, 2012.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. 2017. [software estadístico]. InfoStat. Córdoba, Córdoba, Argentina.
- dos Santos Neto, C.F., da Silva, R.G., Maranhão, S.R. et al. 2023. Shading effect and forage production of tropical grasses in Brazilian semi-arid silvopastoral systems. Agroforestry Systems. Ginzburg, R y Adámoli J. 2006. Situación Ambiental en el Chaco Húmedo. En La Situación Ambiental Argentina, Brown A, Martínez Ortiz M, Acerbi M y Corcuera J (eds.), pp. 103-113. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires
- Gómez, A., Massa, A., Zárate, M., Bonet, J. M., Clausen L. y Tamer, A. 2015. Sistema silvopastoril implantado con algarrobo blanco y Grama rhodes: avances en un demostrador de la región Chaqueña. En 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. 197-200.
- Goering M y Van Soest, P.J. 1979. Forage fiber analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Washington. USA. Agriculture Handbook N° 379.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: Plant Relations in Pastures. Ed. J.R. Wilson. CSIRO. Australia. 67 -85.

- Hernández-Garay, A., Hodgson, J. y Matthew, C. 1997. Effect of spring management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand journal of agricultural research*. (40), 25-35.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definition in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 14, 11-18.
- FAO. 1990. *Panicum maximum* Jacq. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.  
<http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/Pf000278.HTM> Acceso: 8-3-16.
- Jiménez, O.M.M., Sanchez, H.D., Ganados, Z.L., Barrón A.M., Quiroz, V.J. 2004. Calidad del pasto humidícola con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. Memorias de la Reunión Nacional de investigación pecuaria. Mérida (México).
- Kess, S.M., Chiossone, J.L., Michela, J.F., Viccini, R. y Skoko, J.J. 2015. Contribución al conocimiento del ingreso bruto de un sistema silvopastoril en la Provincia del Chaco. En 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. 403-407.
- Kunst, C. 2008. Implementación de rolados aspectos generales rolados selectivos de baja intensidad. En: Kunst, C., Ledesma, R., Navall, M. RBI: Rolado selectivo de baja intensidad. 7-16. Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Labarthe, F.S., Pelta, H.R., y Bordenave, I.T.E. 2009. Introducción básica a la fotosíntesis y características de especies forrajeras megatérmicas. Sitio Argentino de Producción Animal INTA-Centro Regional Buenos Aires Sur. 291, 452-6506.
- Lacorte, S. M., Barth, S. R., Colcombet, L., Crechi, E. H., Esquivel, J. I., Fassola, H. E., Goldfarb M. C, Pezuti R., Videla D y Winck, R. Á. 2016. Silvopastoral systems developed in Misiones and Corrientes, Argentina. *Silvopastoral Systems in Southern South America*. 9-39.
- Ledesma, L. 1980. Carta de suelo de la República Argentina. Los suelos del Departamento Comandante Fernández. INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, L.L. y Zurita J.J. 1995. Los suelos de la Provincia del Chaco, República Argentina. INTA-Gobierno del Chaco.
- Ledesma, L.L. y Zurita J.J. 2003. Carta de suelos de la República Argentina. Provincia del Chaco. Los suelos del Departamento Comandante Fernández. Convenio INTA- Ministerio de la Producción. Edición Digital.
- Leng, R.A. 1990. Factores que afectan la utilización de forrajes de 'mala calidad' por los rumiantes, particularmente en condiciones tropicales. *Revisión de investigaciones sobre nutrición*. 3 (1), 277-303.

- Lemaire, G. y Gastal, F. 1997. Absorción y distribución de N en las copas de las plantas. En Diagnóstico del estado del nitrógeno en los cultivos. 3-43. Springer, Berlín, Heidelberg.
- Machado, A.O., Cecato, U., Mira, R.T., Pereira, L.A.F., y Damasceno, JC. 1998. Avaliação da composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 27(5), 1057-1063.
- Macedo, V.H.M., Quadros Cunha, A.M., Ebson Pereira Cândido, Nogueira Domingues F., da Silva, W.L., Stefanelli Lara, M.A., do Rêgo, A.C. 2021. Canopy structural variations affect the relationship between height and light interception in Guinea Grass. Field Crops Research 271: 108249.
- Martínez Calsina, L., Lara, J.E., Suárez, F.A., Ballón, M., Pérez, P.G., Vega, H., Torres, J.C., Corbella, R., Plasencia, A., Caldez, L., Banegas, N., Luchina, J., Nasca, J.A., Pérez, H.E., Bottegal, D. y Zimerman, M. 2015. Producción de carne en un Sistema Silvopastoril de Algarrobos y Grama rhodes de la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina. En 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. 48-52.
- McDowell, R.W. 2008. Environmental impacts of pasture-based farming. London (UK): CAB International. 122-143.
- Medinilla Salinas, L., Vargas Mendoza, M.C., López Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Campbell, W.B., y Gutiérrez Castorena, M.C. 2013. Growth, productivity and quality of *Megathyrus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. Agroforestry Systems. 87(4), 891-899.
- Minson, D.J. 1992. Composición química y valor nutritivo de las gramíneas tropicales. In: (Skerman, P. Ed.), FAO, Roma pp. 181-202.
- Morello, J. y Adámoli, J. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino: Vegetación y ambiente de la provincia del Chaco. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación.
- Morello, J., Mateucci S., Rodríguez, A. y Silva, M. 2012. Ecorregión Chaco Seco. En Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. 151-203. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- Navarro, M. y Villamizar Corpas, I. 2012. Evaluación de diferentes frecuencias de corte en guinea mombaza (*Panicum maximum*, jacq), bajo condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel de campano (*pithecellobium saman*) en sampués, sucre. Revista Colombiana De Ciencia Animal – RECIA. 4(2), 377–395.
- National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Domestic Animals: Beef Cattle. National Academy Press, Washington, D.C.

- Nenning, F.R. 2009. Calidad nutritiva de láminas de gramíneas megatérmicas de diferente hábito de crecimiento en relación al envejecimiento y tamaño foliar (Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata).
- Obispo, N.E., Espinoza, Y., Gil, J.L., Ovalles, F. y Rodríguez, M.F. 2008. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. *Zootecnia tropical*. 26(3), 285-288.
- Parsons, A.J., Leafe, E.L., Collet, B., Penning, P.D. and Lewis, J. 1983. The physiology of grass production under grazing. //Photosynthesis crop growth and animal intake of continuously grazed swards. *Ecology*. 20, 127-139.
- Parsons, A.J. y Penning, P.D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and forage science*. 43(1), 15-27.
- Patiño Pardo, R.M., Gómez Salcedo, R., y Navarro Mejía, O.A. 2018. Nutritional quality of Mombasa and Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) managed at different frequencies and cutting heights in Sucre, Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 13(1), 17-30.
- Pentón, G. y Blanco, F. 1997. Influencia de la sombra de los árboles en la composición química y el rendimiento de los pastos. *Pastos y forrajes*, 20(2), 101-110.
- Pinto, J.C., Gomide, J.A. y Maestri, M. 1994. Produção de matéria seca e relação folha: caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. *R. Soc. Bras. Zootec.* 23(3), 313-326.
- Pueyo, J.D. y Chaparro, C.J. 2003. Tasa de crecimiento de cinco gramíneas tropicales en El Colorado, Formosa. XXVI Congr. Anual Asoc. Argentina de Producción Animal. 158-159. Mendoza, Argentina.
- Pueyo, J.D. y Nenning F.R. 2011. Forrajas tropicales: siembras de primavera. *Producir XXI*, BS. AS. 19 (239), 12-19.
- Pueyo, J.D. 2015. Manejo del pastoreo en especies tropicales. Informe Técnico N° 60 presentado en la II Jornada Nacional de Forrajas Tropicales, 21-26. Rafaela, Santa Fe, Argentina: INTA Ediciones.
- Ragonese, A.E. 1967. Vegetación y ganadería en la República Argentina. Colección Científica del INTA, Buenos Aires. Primera Edición.
- Rearte, D. 2010. Situación actual y prospectiva de la ganadería argentina, un enfoque regional. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. 19, (3-4), 46-49.
- Rearte, D. 2011. El rol de las pasturas cultivadas y pastizales en el nuevo escenario de la ganadería argentina. En Cangiano, C.A. y Brizuela, M.A., *Producción Animal en Pastoreo*. Cap. 1. 2da ed., 13-30, Buenos Aires: Ediciones INTA.

- Reynoso, O., Garay, A., Da Silva, S., Pérez, J., Quiroz, J., Carrillo, A., Herrera Haro J. y Núñez, A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 47(2), 203-213.
- Richards, J.H., Mueller, R.J. y Mott J.J. 1988. Tillering in Tussock Grasses in Relation to Defoliation and Apical Bud Removal. *Annals of Botany*. 62,173-179.
- Ricci, H., Guzmán, L., Pérez, P., Juárez, V. y Diaz A. 1997. Producción de materia seca de siete gramíneas tropicales bajo tres frecuencias de corte. CIAT, Colombia: Pasturas Tropicales. 19, 45-49.
- Russo, R.O. 2015. Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. *Pastos y forrajes*. 38(2), 157-161.
- Sagadin, M.B. 2019. Identificación y caracterización de los hongos micorrícicos arbusculares autóctonos en simbiosis con *Prosopis alba* y los mecanismos fisiológicos/bioquímicos relacionados con la tolerancia a sequía. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- Santiago-Hernández, F., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C. et al. 2016. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agroforestry Systems* 90, 339–349.
- Santos, P.M., Corsi, M. y Balsalobre, M.A.A. 1999. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a produção e a qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 28(2), 244-249.
- Santos, P.M., Balsalobre, M.A.A. y Corsi, M. 2003. Morphogenetic characteristics and management of Tanzania grass. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38, 991-997.
- Santos, P.M., Thornton B. y Corsi, M. 2012. Adaptation of the C4 grass *Panicum maximum* to defoliation is related to plasticity of N uptake, mobilisation and allocation patterns. *Scientia Agrícola* 69 (5): 293-299.
- Schnellmann, L.P., Verdoljak, J.J.O., Bernardis, A., Martínez-González, J.C., Castillo-Rodríguez, S.P. y Limas-Martínez, A.G. 2020. Frecuencia y altura de corte sobre la calidad del *Megathyrsus maximus* (cv. Gatton panic). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21 (3), e1402.
- Shelton, H.M., Humphreys, L.R. y Batello, C. 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: Performance and prospect. *Tropical Grasslands*. 21, 159-168.

- Smetham, M.L. 1990. Pasture management. In: R.H.M Langer (Ed). Pastures, their ecology and management. Oxford University Press, New Zealand.
- Stür, W.W. 1991. Screening Forage Species for Shade Tolerance. A Preliminary Report. In: Forages for plantation crops. ACIAR proceeding. 32, 58-63.
- Stritzler, N., Petruzzi, H., Rabotnikof, C. y Quiroga, A. 2009. Valor nutritivo y producción de forraje de especies megatérmicas. Revista Técnica AAPRESID.
- Teixeira, F.A., Pires, A.J.V. y Veloso, C.M. 2005. Intensidade de pastejo sobre a produção, qualidade e perdas em *Panicum maximum* (Intensity grazing in production, quality and losses of *Panicum maximum*). REDVET.
- Van Soest, P.J. 1965. Simposio sobre los factores que influyen en el consumo voluntario de forraje por parte de los rumiantes: consumo voluntario en relación con la composición química y la digestibilidad. Revista de Ciencia Animal. 24 (3), 834-843.
- Vigglizzo, E.F. y Jobbágy E. 2010. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico - Ambiental. Buenos Aires. Ediciones INTA. 102.
- Wong, C.C. 1990. Mineral composition and nutritive value of tropical forage legumes as affected by shade. Mardi Research Journal. 18, 135-144.
- Wong, C.C. 1991. Shade tolerance of tropical forages: a review. In: Forage for Plantation Crops. ACIAR Proceeding. 32, 64-69.
- Zurita, J.J., López, A., Brest, E., Rojas, J., Goytía, Y. y Bianconi, A.E. 2010. Zonificación RIAN Chaco y Formosa. INTA Centro Regional Chaco – Formosa.