



Biomasa forrajera y componentes estructurales de *Chloris gayana* bajo dos sistemas e intensidades de defoliación

Juan C. Torres¹ Juan A. Martínez

Luis Y. Vazquez Harold E. B. Vega Parry Luciana R. Sleiman

Luis E. Visentini² Felipe A. Suarez³ Daniel A. Dos Santos⁴ Javier E. Lara³

Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria, Universidad Nacional de Tucumán. Florentino Ameghino s/n., El Manantial (4104), Tucumán, Argentina.

Resumen: Los sistemas pastoriles de producción de carne se ven afectados directamente por la variabilidad ambiental. La incorporación del estrato arbóreo en estos sistemas puede reducir los efectos del estrés climático, mejorando las condiciones para el ganado y los recursos forrajeros. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos sistemas de producción pastoril y silvopastoril, y dos regímenes de defoliación, definidos en función de la vida media foliar 350 y 700 °Cd, sobre la producción de biomasa aérea y la proporción de sus componentes estructurales en *Chloris gayana* cv. ÉpiSP INTA-Pemán. El trabajo se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido INTA (Leales, Tucumán, Argentina). Se recolectó 4 muestras para el sistema pastoril y 8 muestras para el silvopastoril en cada vida media foliar, para determinar la biomasa forrajera total y los componentes estructurales: láminas, tallos más vainas, material senescente e inflorescencias. Además, se evaluó la densidad poblacional de macollos y la radiación fotosintéticamente activa. Se realizó un análisis factorial cruzado. El sistema pastoril tuvo mayor biomasa que el silvopastoril, a su vez la caída de los componentes estructurales en el silvopastoril fue mayor en los 700 °Cd. La interacción significativa entre sistema y vida media foliar en variables clave como biomasa aérea, lámina y material senescente, sugiere que las decisiones de manejo, como la frecuencia de defoliación, deben adaptarse al contexto del sistema productivo.

Palabras Claves: Algarrobo; Silvopastoril; Vida media foliar; Pastoril

Forage biomass and structural components of *Chloris gayana* under two defoliation systems and intensities.

Abstract. Pastoral beef production systems are directly affected by environmental variability. The incorporation of the tree layer in these systems can reduce the effects of climatic stress, improving conditions for livestock and forage resources. The objective of this study was to evaluate the effect of two silvopastoral and pastoral production systems and two defoliation regimes, defined according to leaf half-life 350 and 700 °Cd, on the production of aerial biomass and the proportion of its structural components in *Chloris gayana* cv. ÉpiSP INTA-Pemán. The work was carried out at the Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido INTA (Leales, Tucumán, Argentina). Four samples were collected for the pastoral system and 8 samples for the silvopastoral system in each leaf half-life to determine the total forage biomass and structural components: laminae, stems plus pods, senescent material and inflorescences. In addition, the population density of tillers and photosynthetically active radiation were evaluated. A crossed factorial analysis was performed. The pastoral system had higher biomass than the silvopastoral system, and the drop in structural components in the silvopastoral system was greater at 700 °Cd. The significant interaction between system and FMV in key variables such as aerial biomass, lamina and senescent material suggests that management decisions, such as defoliation frequency, should be adapted to the context of the system.

Keywords: Carob tree; Silvopastoral; Leaf half-life; Pastoral; Pastoralism

Recibido: 2024-12-11. Revisado: 2025-05-05. Aceptado: 2025-07-14

¹Autor para la correspondencia: Juan.torres@faz.unt.edu.ar

² Estación Experimental Agropecuaria Salta, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Salta (4400). Argentina.

³ Instituto de Investigación del Chaco Semiárido, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Leales (4113), Tucumán. Argentina.

⁴ Instituto De Biodiversidad Neotropical, CONICET – Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT, Tucumán, Argentina

Biomasa forrageira e componentes estruturais de *Chloris gayana* sob dois sistemas e intensidades de desfolha

Resumo. Os sistemas pastoris de produção de carne são diretamente afectados pela variabilidade ambiental. A incorporação de cobertura arbórea nestes sistemas pode reduzir os efeitos do stress climático, melhorando as condições para o gado e os recursos forrageiros. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de dois sistemas de produção silvopastoril e pastoril e dois regimes de desfoliação, definidos em termos de meia-vida foliar 350 e 700 °Cd, na produção de biomassa acima do solo e na proporção dos seus componentes estruturais em *Chloris gayana* cv. ÉpiSP INTA-Pemán. O trabalho foi realizado no Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido INTA (Leales, Tucumán, Argentina). Foram coletadas quatro amostras para o sistema pastoril e 8 amostras para o sistema silvopastoril em cada meia-vida foliar para determinar a biomassa total da forragem e os componentes estruturais: lâminas, caules mais vagens, material senescente e inflorescências. Além disso, foram avaliadas a densidade populacional de rebentos e a radiação fotossinteticamente ativa. Foi efectuada uma análise fatorial cruzada. O sistema pastoril teve maior biomassa do que o sistema silvopastoril, enquanto a queda nos componentes estruturais no sistema silvopastoril foi maior a 700 °Cd. A interação significativa entre sistema e FMV em variáveis-chave como biomassa aérea, lâmina e material senescente sugere que as decisões de gestão, como a frequência de desfoliação, devem ser adaptadas ao contexto do sistema pastoral.

Palavras chave: Alfarroba; Silvopastorícia; Meia-vida da folha; Pastoreio

Introducción

Los sistemas pastoriles de producción de carne están altamente afectados por la variabilidad ambiental sobre los forrajes (Cuartas *et al.*, 2014). Una alternativa que presenta beneficios potenciales sobre la productividad y calidad de las pasturas, es la incorporación del estrato arbóreo a los mismos. En efecto, los sistemas silvopastoriles (SSP), promueven cambios bioquímicos y biofísicos en el medio donde se desarrollan causando efectos tales como la disminución del estrés hídrico y de temperaturas extremas, lo que favorece la extensión del ciclo productivo. Además, incrementan en el suelo el aporte de nitrógeno, la retención de carbono y el desarrollo de la microfauna, entre otros (Wilson & Ludlow, 1991) y pueden disminuir el impacto ambiental negativo sobre los animales y mejorar la estabilidad de los sistemas (Morales *et al.*, 2017; Huertas *et al.*, 2018).

Por otra parte, los cultivos que crecen bajo poca radiación fijan una menor cantidad de carbono en la fotosíntesis, debido a que la acumulación de biomasa está relacionada con la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada durante su ciclo de vida (Monteith, 1972). En consecuencia, estos cultivos requieren menos nutrientes como consecuencia de su menor tasa de crecimiento.

Estudios, informaron que los SSP presentaron una menor producción de materia seca (MS), y que la misma puede asociarse a una disminución en la radiación disponible por efecto de la sombra causada

por la copa de los árboles (Baldassini *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2018). Casado & Cavalieri (2015) estudiaron un SSP de *Neltuma alba* (algarrobo blanco) y *Megathyrsus maximus* (Gatton) con tres densidades de árboles (500, 250 y 0 árboles.ha⁻¹), y reportaron una disminución en la producción de biomasa solo para el SSP de 500 árboles.ha⁻¹. También, Atanasio *et al.*, (2018), estudiaron un SSP de *Neltuma alba* (algarrobo blanco) de 18 años y *Megathyrsus maximus* (Gatton) con dos densidades de árboles (120 y 270 árboles.ha⁻¹), informando un amplio rango en la producción de biomasa aérea de Gatton de entre 8.000 y 3.300 kg MS.ha⁻¹.año⁻¹, respectivamente.

La velocidad de desarrollo de las pasturas suele estar relacionada linealmente con la temperatura, por lo tanto la temperatura acumulada en el tiempo, expresada como grados-día de crecimiento, proporciona un índice útil del desarrollo vegetal. La temperatura que se acumula es la temperatura promedio del día, menos la temperatura base, (temperatura por debajo de la cual el desarrollo se detiene) (Monteith, J. L., & Unsworth, M. H., 2013)

Una de las variables a considerar para evaluar la producción de biomasa de una pastura, es la vida media foliar (VMF), o sea el tiempo térmico desde la aparición de una hoja (cuando la lámina aparece por fuera del tubo de la vaina) hasta que comienza su senescencia (Lemaire y Agnusdei, 2000). Este es uno de los criterios más utilizados, dado a que al cumplirse la

VMF se alcanza la máxima biomasa de tejido verde por macollo y salvo que aumente la densidad de macollos a partir de este momento no habrá incremento en la acumulación de tejido verde (Lemaire y Agnusdei, 2000).

La VMF representa el período máximo en que la hoja debería ser consumida antes de comenzar a senescer (Lemaire y Agnusdei, 2000). Es una variable determinada genéticamente que varía en función de la temperatura (Ruolo 2017). De esta manera, la VMF puede utilizarse como indicador de frecuencia de pastoreo en categorías o situaciones que requieran consumo de material verde únicamente (Ruolo *et al.*, 2019) y siempre que no existan limitaciones edafoclimáticas. Al definir las defoliaciones en función de la VMF, se puede fijar un criterio que favorezca una estructura con mayor proporción de lámina verde (% LV), menor proporción de tallo más vaina (% T+V), menor inflorescencia (% I) y menor lámina senescente (% LS). Para Grama Rhodes, la vida media foliar está fijada en 350 °Cd (grados centígrados.día) de crecimiento, tomando una temperatura base de 12 °C (Agnusdei *et al.* 2009).

Pasturas tropicales sometidas a pastoreo severo o defoliación frecuente, presentaron láminas y vainas más cortas, con valores más altos de digestibilidad, respecto a pasturas manejadas con pastoreo liviano o defoliación menos frecuente (Duru & Ducrocq, 2002; Duru *et al.*, 1999). Con respecto a los componentes estructurales, las pasturas defoliadas con menor frecuencia mostraron significativamente mayor proporción de tallos y menor de láminas verdes, dado

que la proporción de láminas foliares tiende a disminuir a medida que se acumula biomasa aérea (Agnusdei, 2013; Martínez Calsina *et al.*, 2012; Da Silva *et al.*, 2009). Leal *et al.* (2010) evaluaron distintas forrajeras megatérmicas e informaron que, en los tratamientos de defoliaciones con menores frecuencias, se hallaron menores proporciones de hojas.

Ruolo (2017) evaluó el porcentaje de lámina (% LV), porcentaje de tallo (% T), porcentaje de lámina seca (% LS) y porcentaje de inflorescencia (% I) en Grama Rhodes cv Épica para tres frecuencias de defoliación, 300, 500 y 1500 °Cd. Los % de LV alcanzaron valores promedio de 70 y 53 y los de % de T, 53 y 70 para los 300 y 500 °Cd, respectivamente. En cuanto al % de LS, en los regímenes menos frecuentes (500 °Cd), presentaron menos del 1 % del rendimiento, mientras que en los más frecuentes (300 °Cd), no se observaron. En cuanto a los % de I, solo se presentó en los regímenes menos frecuentes, representando menos del 2,5 % del rendimiento a los 1500 °Cd. Pérez *et al.* (2014), en ensayo con *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut con el mismo régimen de defoliación de 300 y 500 °Cd, registraron un porcentaje de láminas de 73 y 65 %, respectivamente.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos sistemas de producción, pastoril y silvopastoril, con dos regímenes de defoliación, 350 y 700 °Cd, definidos en función de la vida media foliar (1 y 2 VMF), sobre la producción de biomasa aérea y la proporción de sus componentes estructurales en *Chloris gayana* cv. Épica INTA-Pemán.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Los estudios se realizaron en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS) del CIAP-INTA, ubicado en Leales, Tucumán, Argentina (27°11'10.60"S y 65°14'32.45"O), a una altitud de 335 msnm, durante los meses de noviembre del 2023 a enero 2024. El clima es de tipo subtropical subhúmedo con estación seca. La precipitación media anual es de 880 mm concentrados de octubre a marzo. La temperatura media anual es de 19 °C, siendo la media del mes más cálido 26 °C (enero) y la del mes más frío 13 °C (julio). El suelo es un Haplustol fluvacuéntico (Soil Taxonomy, USDA).

En el SP, la pastura fue *Chloris gayana* cv. Épica INTA-Pemán (*Gramma Rhodes* cv. Épica) sembrada en el año 2021. En el SSP, se trabajó con la misma pastura y el componente arbóreo fue *Neltuma alba* var. Griseb (Ex *Prosopis alba*, algarrobo blanco), plantados en 1998 con un marco de plantación de 10 x 10 x 20 m, con una

superficie estimada de 5,4 ha para cada sistema, divididas en 4 parcelas 0,86 ha.

Diseño experimental y toma de muestra

El diseño experimental fue un diseño factorial con un factor parcialmente anidado. Los factores fueron los sistemas (SP Y SSP) y la vida media foliar (1 VMF 350 °Cd y 2 VMF 700 °Cd). A su vez dentro del SSP se evaluaron dos sitios, bajo copa y ex línea, sitio fuera de la copa de los árboles (sitio ubicado a 10 m de cada línea de árbol). Cada sistema ocupa una superficie total de 4,8 ha, dividido en 6 parcelas de 0,8 ha. Para las evaluaciones se utilizaron las 4 parcelas centrales. La unidad experimental fue el 0,25 m², con 4 repeticiones para el SP y 8 repeticiones para el SSP 4 por sitios (bajo copa y ex línea) y por VMF (350 °Cd y 700 °Cd). Para cada repetición se armó una clausura de 400 m², en un marco de 20 x 20 m, para evitar que ingresaran los animales. El período evaluado fue el de activo



crecimiento de las pasturas desde noviembre del 2023 a enero del 2024. A partir del corte de homogenización (CH), efectuado el 27/11/2023, se comenzó a sumar los grados días.

Para la evaluación de la biomasa aérea se cosecharon muestras de un 0,25 de m² por sistema (4 repeticiones) y se colocaron en una bolsa plástica debidamente etiquetada y se refrigeraron. En laboratorio, se registró el peso fresco total de cada muestra con la ayuda de una balanza analítica de 0,01 g de precisión. El peso mínimo de muestra fue de 50 g, en las muestras que superaban los 100 g, se tomó una submuestra de aproximadamente 100 g de peso. Se separaron los componentes del rendimiento (L, láminas; T+V, tallos+vainas; MSenesc, material senescente e I, inflorescencia) y se los colocó en estufa de circulación forzada de aire a 60 °C, hasta peso seco constante. Se determinó la materia seca total y de cada componente de la muestra. A su vez, de los valores de peso seco de los componentes de lámina y tallo, se calculó la relación hoja.tallo⁻¹.

La densidad poblacional de macollo (DPM, macollos.m⁻²) se evaluó con el método de Bircham & Hodgson (1983). En el SP se realizaron 4 mediciones y en el SSP 8 mediciones (4 ex línea y 4 bajo copa), para lo cual se contó el número de macollos vivos en una superficie 300 cm², cuando alcanzaron la 1 VMF y 2 VMF.

Para cada VMF y en cada sitio para los SP y SSP (bajo copa y ex línea), se realizaron lecturas de radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente, por medio de un ceptómetro (Accu-Par LP-80, Decagon Devices Inc., Pullman, Washington, USA). A tal fin se realizó una lectura superior (por arriba del dosel de la pastura) y tres lecturas inferiores (a nivel del suelo y por arriba del material senescente) en cada sitio. Los valores obtenidos se utilizaron para determinar el porcentaje de RFA interceptada a partir de la siguiente ecuación:

$$\% RFA_i = (1 - RFA_{inferior} / RFA_{superior}) * 100\%$$

% RFA_i: porcentaje de radiación fotosintéticamente activa interceptada

RFA_{inferior}: promedio de 3 mediciones de radiación fotosintéticamente activa interceptada a nivel del suelo y por arriba del material senescente

RFA_{superior}: radiación fotosintéticamente activa interceptada por arriba del dosel de la pastura.

Para cuantificar la radiación, se realizaron dos fechas de evaluación, a los 196 °Cd y a los 594 °Cd. En ambas fechas se realizaron 4 mediciones por sitio de evaluación.

Se dispuso de los registros meteorológicos de la estación meteorológica automática del IIACS (Davies, Modelo Vantage Pro2) y de los registros de los sensores de temperatura ambiente y humedad relativa ambiente (Decagon) ubicados en el SSP (bajo canopia arbórea) y en el SP. Para contabilizar el tiempo térmico acumulado, se tomó como referencia una temperatura base de 12 °C y la temperatura media diaria ambiente registrada

Para determinar el porcentaje de la superficie ocupada por la pastura bajo copa y ex línea del SSP, se marcaron las 6 parcelas de 0,86±0,01 ha, sobre la imagen satelital del Google Earth del 28/08/23. Las imágenes fueron procesadas con el programa QGIS 3,34 10 (QGIS.org, 2024. QGIS Geographic Information System. QGIS Association.

Para evaluar la superficie que ocupa cada sitio se realizó una prueba t de una muestra comparando estas fracciones contra el valor teórico del 50 %.

A los datos obtenidos se les realizó un análisis factorial cruzado para evaluar los efectos de dos factores (sistema de producción y grados días de crecimiento) y su interacción sobre la biomasa y los componentes estructurales, por medio del paquete estadístico R. Se toma una significancia de los datos con p valor < 0,05.

Resultados

Durante el periodo de evaluación, el promedio de la temperatura ambiente fue de 25,6 °C. El primer corte se realizó a los 26 días cuando se alcanzó una vida media foliar (1 VMF = 350 °Cd) y para finalizar el ciclo de crecimiento se acumularon dos vidas medias foliares (2 VMF= 700 °Cd), a los 52 días del CH. Los sensores de temperatura ambiente y humedad relativa ubicados en los sistemas no presentaron variaciones significativas para los tiempos térmicos. El SP acumulo 339 y 703 °Cd y el

SSP acumulo 335 y 693 °Cd, para 1 y 2 VMF, respectivamente.

Las precipitaciones iniciaron 42 días antes del CH, acumulándose 98 mm. Luego en el periodo de evaluación, desde el CH hasta el primer corte a 1 VMF se acumularon 140 mm y desde 1 VMF hasta alcanzar las 2 VMF se acumularon 88 m. El total para todo el ciclo de crecimiento desde noviembre a enero fue de 228 mm.



Como era de esperar la superficie bajo copa del SSP presenta una notoria disminución en la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, debido al efecto de la copa del árbol (Cuadro 1).

Cuadro 1. Radiación fotosintéticamente interceptada (Mj.m^{-2}) por superficie en un sistema silvopastoril y un pastoril para dos tiempos térmicos (196 y 549 °Cd).

Sistema	Sitios	196°Cd	549°Cd
Silvopastoril	Bajo copa	216,5 ± 84,2 ^b	301,0 ± 71,5 ^b
	Ex Línea	781,0 ± 84,2 ^a	775,5 ± 71,5 ^a
Pastoril		644,2 ± 84,2 ^a	839,7 ± 71,5 ^a

a,b: ($p \leq 0,05$) para una misma fecha

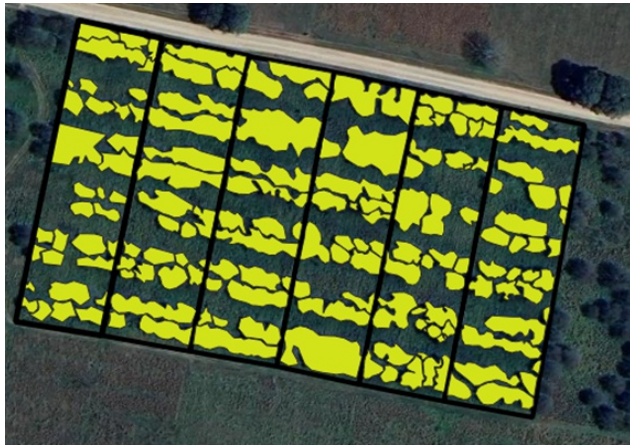


Figura 1: Superficies bajo copa (sombreada) y ex línea en parcelas de un sistema silvopastoril (*Chloris gayana* cv. Épica INTA-Pemán y *Neltuma alba* var. Griseb) Imagen Google Earth procesada con QGIS 3,34 10. Los superficie sombreada con color amarillo representa la zonas de la copas de los árboles.

Las variables biomasa aérea, lámina, tallo más vaina y material senescente mostraron un comportamiento común en relación a los factores evaluados. En todos

los casos, no se encontraron diferencias significativas entre los SP y SSP, con valores de $P = 0,67$; $0,41$; $0,87$ y $0,97$ respectivamente. Sin embargo, la vida media foliar (VMF) presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) en todas las variables, evidenciando un incremento en la producción cuando el corte se realizó a los 700 °Cd. Este aumento fue de 7462 kg ha^{-1} para la biomasa aérea, $3422,1 \text{ kg ha}^{-1}$ para la lámina, $3655,0 \text{ kg ha}^{-1}$ para tallo más vaina, y $384,9 \text{ kg ha}^{-1}$ para el material senescente. Asimismo, se observaron interacciones significativas entre VMF y sistema en biomasa aérea ($P = 0,032$), lámina ($P = 0,016$) y material senescente ($P = 0,026$), lo cual sugiere que el efecto del crecimiento acumulado (GDC) en estas variables difiere según el sistema productivo. En particular, el SSP presentó una disminución a los 700 °Cd de $1958,9 \text{ kg ha}^{-1}$ en lámina, $274,5 \text{ kg ha}^{-1}$ en material senescente y una tendencia similar en biomasa aérea, indicando una menor capacidad de acumulación bajo condiciones de mayor madurez foliar en ese sistema.

La relación Hoja/Tallo presento una diferencia altamente significativa en el intercepto con un valor $2,65$ ($p < 0,001$), con una disminución en función a la VMF en los 700 °Cd de $1,55$ ($P = 0,002$), el sistema no presento diferencia significativa ($P = 0,30$), así como la interacción ($P = 42$).

Para la variable DPM, se encontró diferencia para el sistema ($P < 0,001$), para la VMF ($p = 0,017$) y para la interacción ($p = 0,009$), se observa que el SP presenta un mayor valor de DPM para los 350 °Cd y estos tienden a igualarse a medida que aumenta la VMF.

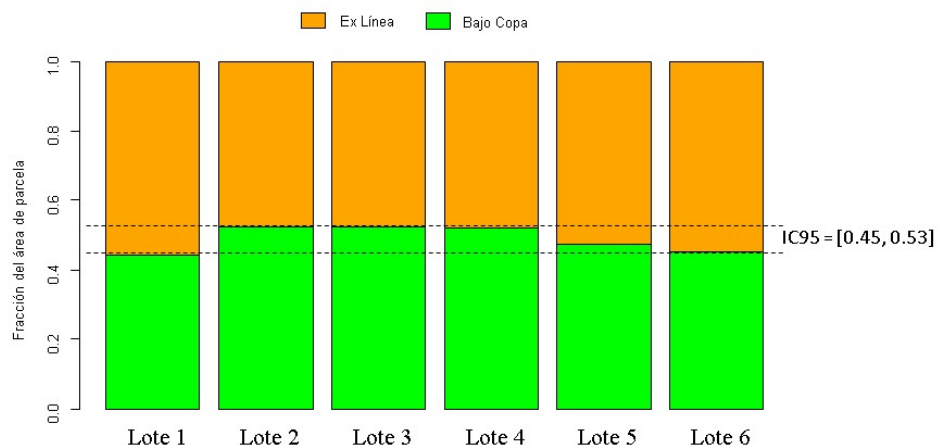


Figura 2: Superficies (ha) bajo copa y ex línea del sistema silvopastoril en las parcelas evaluadas

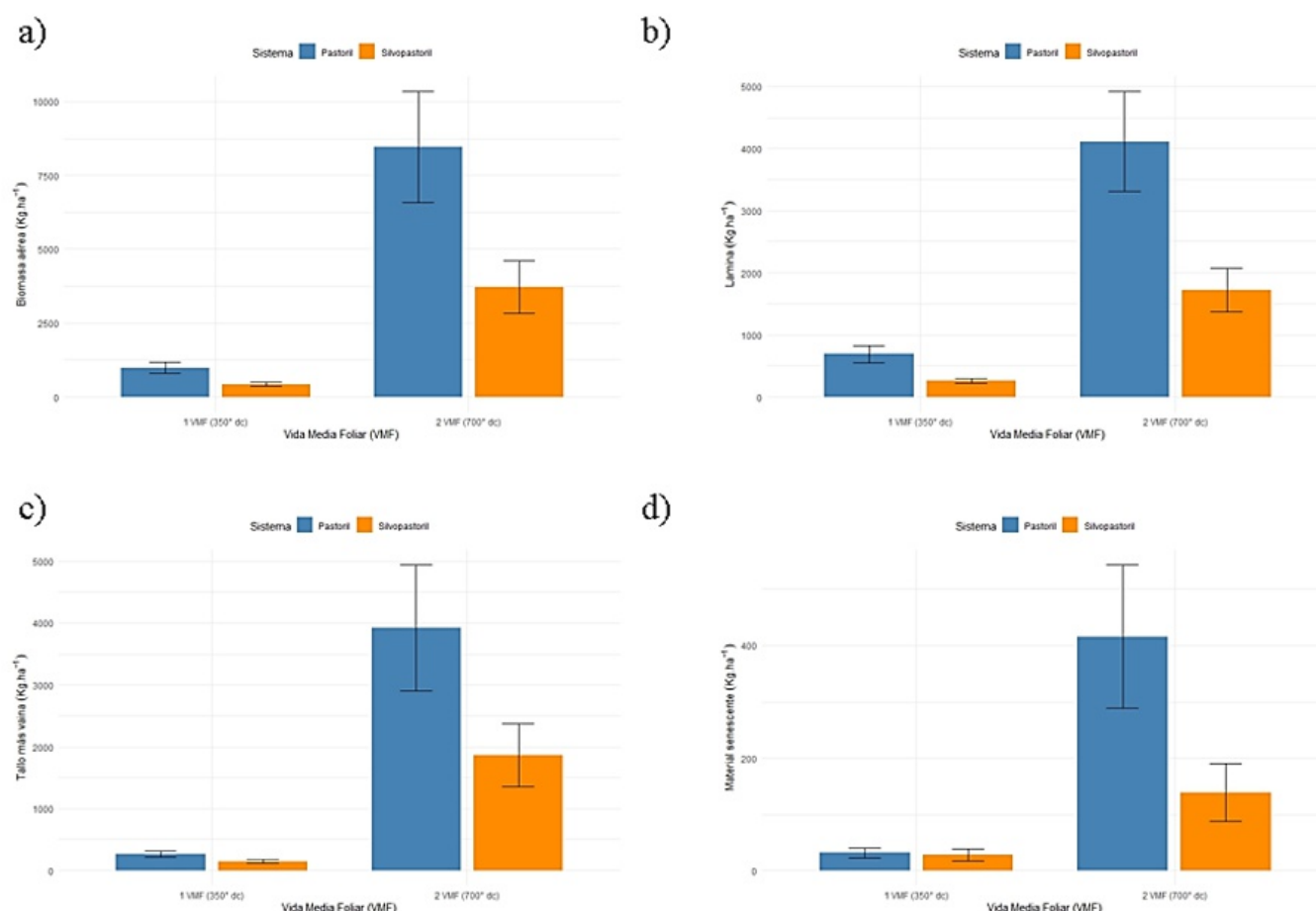


Figura 3. Comparación entre sistemas Pastoral y Silvopastoral para cuatro variables: (a) Biomasa aérea, (b) Lámina, (c) Tallo más vaina y (d) Material senescente, en dos momentos de la Vida Media Foliar (VMF). Los valores están expresados en kg ha⁻¹ con su correspondiente desviación estándar.

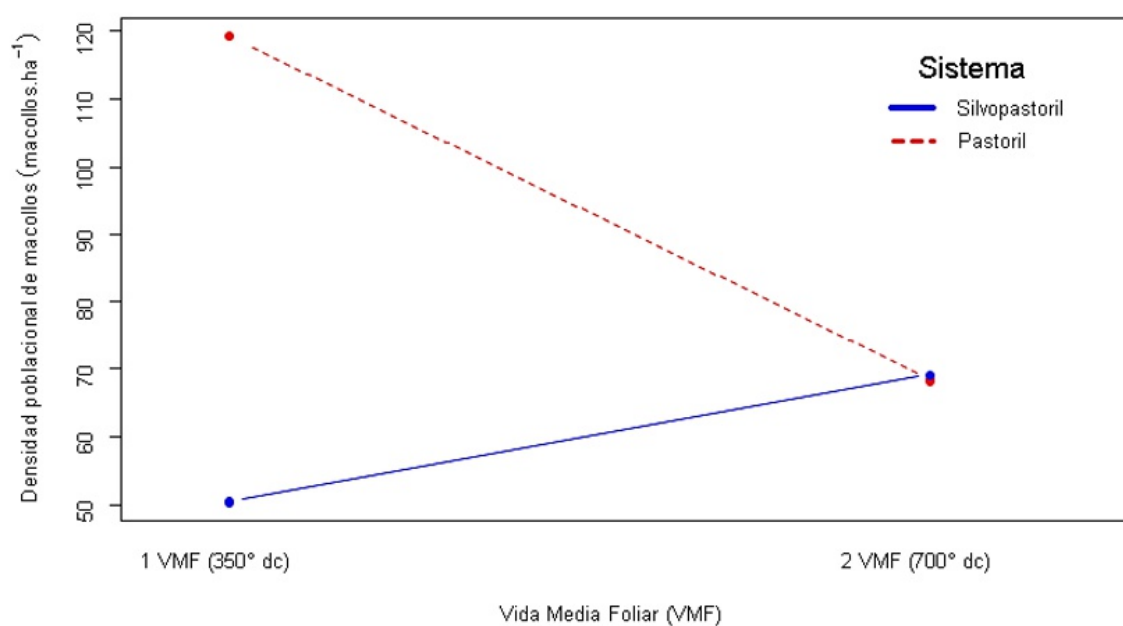


Figura 4. Densidad poblacional de macollos (macollos.m⁻²) en un sistema silvopastoral y un pastoral, para las dos vidas medias foliares (VFM)

Discusión

La literatura disponible presenta resultados contrastantes sobre la producción de biomasa en los SSP y SP. Romero Delgado *et al.* (2020) expresa que el SSP genera una mayor cantidad y calidad de pastura en el período estival. Letora 2023, no encontró diferencias en la producción de MS entre los SSP y SP, mientras que otros autores indican que los SSP presentan menor producción de MS, asociada a una disminución de la radiación disponible por efecto del sombreado impuesto por las copas de los árboles (Santos *et al.*, 2016, Atanasio *et al.*, 2018). Además, estos últimos encontraron que la producción de la biomasa de *Brachiaria brizantha* aumento linealmente en función a la radiación fotosintéticamente activa interceptada y que existe una tendencia donde la cantidad de MS producida por la pastura decae considerablemente en las parcelas con mayor densidad de árboles y menor porcentaje de RFA incidente.

A una mayor incidencia de la luz solar, se provoca un aumento de la tasa fotosintética de la planta, y por lo tanto, un incremento en la acumulación de biomasa seca de forraje (Abraham *et al.*, 2014, Do Santo *et al.*, 2023).

En el trabajo realizado por Do Santo *et al.*, (2023), en el cual se evaluaron tres sitios de un SSP, definidos por la cobertura arbórea en 46, 30 y 17 % , informaron un menor rendimiento de biomasa forrajera total en *Pennisetum ciliare* y *Megathyrsus maximus*, en los muestreos próximos a las líneas de los árboles, remarcando la importancia del muestreo en diferentes posiciones dentro de los SSP.

En las condiciones del presente ensayo, la superficie bajo copa representó el 50 % de la superficie total del SSP y en el mismo se registraron reducciones entre el 60 y 70 % de la radiación incidente en comparación con los otros sitios evaluados (Ex línea y SP). Esto explicaría la disminución en la producción del SSP a medida que aumenta la VMF.

El menor ingreso de luz en el SSP con respecto al SP podrían explicar que los mayores intervalos entre pastoreos favorezcan la mejor recuperación de la pastura en el SSP y una mejor productividad (Lértora, 2023). Una mayor frecuencia de corte las pasturas tienden a aumentar la calidad debido al mayor porcentaje de hojas presentes (Carnevali, 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;).

Para las variables Lámina y Material senescente se observó la interacción entre sistema y VMF, a medida que aumento la VMF el SSP produjo menos láminas

que el SP. Al observar los valores de % de los componentes del rendimiento, la diferencia se dio por las diferentes acumulaciones de GDC, donde a los 350 °Cd se obtuvieron los mayores valores del % L y menor valor de % T+V. Lo cual coincide con Lértora (2023), que informa en su trabajo valores promedios de láminas de 68 y 64 % en el SSP y SP, respectivamente para descansos de 28 días, mientras que el porcentaje disminuyo a 56 y 55 % para descansos de 56 días.

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). 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 de los pastos tropicales post defoliación 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). Ensayos con *Chloris gayana* cv Kunth a los 500 °Cd presento valores de 92 % de intercepción de la radiación, de esta manera es probable que a los 750 °Cd se haya alcanzado el 95 % de intercepción y que esto fuera la causa de mayor desarrollo de tallos en estos tratamientos (Ruolo, 2017)

La relación Hoja/Tallo de la pastura, es un indicador de la calidad forrajera de la misma. Minimizar la cantidad de tallos en lugar de maximizar la tasa de acumulación de forraje resulta ser un verdadero parámetro para definir los periodos de descanso (Santos *et al.*, 2003). Valores resultantes de nuestros ensayos, fueron similares a los encontrados por Lértora (2023), quien evaluó dos frecuencia de defoliación y encontró que los cortes cada 28 días determinaron una relación Hoja/Tallo de 2,6 en el SSP y de 2,2 en el SP, mientras que bajo cortes cada 56 días fue 1,2 y 1,3 para SSP y SP, respectivamente.

La relación Hoja/Tallo registrada en el presente trabajo fue superior a lo informado por Santos *et al.*, (1999) para el cultivar Mombasa, tanto para descansos cada 28 días (1,3), como para descansos cada 48 días (0,9). Los valores de relación Hoja/Tallo obtenidos 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, límite que determina la pérdida de calidad (Pinto *et al.*, 1994).

La importancia del número de macollos radica en que éstos son la unidad de crecimiento de la pastura. Suele 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 a favor del SP 350 °Cd. La cobertura de árboles no favoreció el macollaje, lo cual también lo expresan estudios previos (Navarro y Villamizar, 2012; Paciullo *et al.*, 2017, Dos

Santos Neto, 2023). En cuanto a las diferencias logradas por el SP 350 °Cd., Martínez Calsina *et al.*, (2012) informaron que en los tratamientos de mayor frecuencia de defoliación se encontró incrementos en la DPM tanto por una mayor adición de macollos nuevos como por una menor muerte de macollos. Esto concuerda con Da Silva (2004) demostró que cuanto menos frecuentes e intensos son los cortes, es menor el número de macollos, pero de mayor tamaño.

Conclusión

Los resultados del presente estudio evidencian que la vida media foliar, definida por los grados día de crecimiento acumulados, es un factor determinante en la producción de biomasa aérea y en la composición estructural del pasto *Chloris gayana* cv. Épica INTA-Pemán.

Si bien no se observaron diferencias significativas entre los sistemas pastoril y silvopastoril en términos absolutos, la vida media foliar influyó significativamente en todas las variables evaluadas, con un incremento notable de biomasa a los 700 °Cd. Sin embargo, esta respuesta positiva al aumento térmico fue menos evidente en el sistema silvopastoril, donde la reducción de la radiación fotosintéticamente activa, particularmente bajo copa, condicionó la acumulación de tejido vegetal.

La interacción significativa entre sistema y vida media foliar en variables clave como biomasa aérea, lámina y material senescente, sugiere que las decisiones de manejo, como la frecuencia de defoliación, deben adaptarse al contexto del sistema productivo.

En este sentido, defoliaciones más tempranas (350 °Cd) serían más apropiadas para el sistema pastoril, mientras que en el sistema silvopastoril es posible extender el ciclo hasta los 700 °Cd sin comprometer la productividad.

Estos hallazgos aportan evidencia relevante para la planificación del manejo forrajero en ambientes subtropicales, promoviendo prácticas que optimicen el rendimiento y la eficiencia del uso de los recursos, tanto en sistemas convencionales como silvopastoriles.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflictos de intereses en el presente trabajo.

Aprobación del Comité de Experimentación Animal: No se requiere, dado que en esta investigación no se usaron animales.

Contribuciones de los autores: Los autores participaron en la toma de datos, análisis y escritura del trabajo y están de acuerdo con el escrito.

Agradecimientos: Se agradece al grupo de ecofisiología y mejoramiento vegetal del IIACS INTA y a la Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria, de la Universidad Nacional de Tucumán.

Financiación: Los fondos fueron percibidos del programa PIUNT (A732): “Eficiencia y Sostenibilidad en sistemas ganaderos: efectos de la alimentación y el bienestar animal sobre el producto y el medio ambiente”. Dirección, Ing. Zoot. Dr. Vega Parry, Harold Enrique Bernabé, Proyecto Estructural, Cartera 2023-INTA (2023-PE-L03-I068), “Integración de Sistemas Forestales y Ganaderos: Sistemas Silvopastoriles Implantados y Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI)”. Dirección Ing. Forestal. (MSc) Hernán Héctor Hernández y Proyecto Disciplinario, Cartera 2023-INTA (2023-PD-L01-I098), “Producción Ecoeficiente de Forraje en Pasturas y Pastizales”. Dirección Dr. Ing. Agr. German Darío Berone.

Editado por: Aleine Freitas de Melo y Omar Araujo-Febres

Literatura Citada

- Abraham, EM, Kyriazopoulos, AP, Parissi, ZM, Kostopoulou, P., Karatassiou, M., Anjalandidou, K., & Katsouta, C. (2014). Crecimiento, producción de materia seSP, plasticidad fenotípica y valor nutritivo de tres poblaciones naturales de *Dactylis glomerata* L. bajo diversos tratamientos de sombreado. *Agroforestry Systems*, 88, 287-299.
- Agnusdei, M. G. (2013). Rol de la ecofisiología en el diseño de manejos especializados de pasturas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 21(1), 63-78.
- Agnusdei, M. G., Nanning, F. R., Di Marco, O. N. y Aello, M. S. (2009). Variaciones de calidad nutritiva durante el crecimiento vegetativo de gramíneas megatérmicas de diferente porte y longitud foliar (*Chloris gayana* y *Digitaria decumbens*). *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 29 (1): 13-25.
- Atanasio, M.A.; Pernochi, A.L.S.; Chiossone J.G. (2018). Productividad maderera y forrajera de un sistema silvopastoril de *Prosopis alba* de variable densidad de árboles y radiación. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles / Verónica Rusch; Gonzalo Caballé; Santiago Varela, Juan Pablo Diez.^{1a} ed. San Carlos de Bariloche: Ediciones INTA, 2018 759.
- Baldassini, P., Despósito, C., Piñeiro, G., Paruelo, J. M. (2018). Silvopastoral systems of the Chaco forest: Effects of trees on grass growth. *J. Arid Environ.* 156, 89-95.
- Bircham, J.S. y Hodgson, J. (1983). The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*, 38: 323-331.
- 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.
- 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.; Cavalieri, J.M. (2015). Comportamiento del Gatton Panic bajo un sistema Foresto-ganadero en el sudoeste chaqueño. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales/compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. - Santa Cruz: Ediciones INTA, 716.
- Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M., Murgueitio, E., Chará, J.D., Ku, J., Solorio, F.J., X Flores, M.X., Solorio, B., Barahona, R. (2014). Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Rev Colomb Cienc Pecu* 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., Carnevali, 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, W. L., Galzerano, L., Reis, R. A., & Ruggieri, A. C. (2013). Structural characteristics and forage mass of Tifton 85 pastures managed under three post-grazing residual leaf areas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 238-245.
- Dos Santos Neto, C. F., da Silva, R. G., Maranhão, S. R., Cavalcante, A. C. R., Macedo, V. H. M., & Cândido, M. J. D. (2023). Shading effect and forage production of tropical grasses in Brazilian semi-arid silvopastoral systems. *Agroforestry Systems*, 97(6), 995-1005.
- Duru, M., & Ducrocq, H. (2002). A model of lamina digestibility of orchardgrass as influenced by nitrogen and defoliation. *Crop Science*, 42(1), 214-223.
- Duru, M., Feuillerac, E., & Ducrocq, H. (1999). *In vitro* digestibility response of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) to growth and defoliation: a simple model. *The Journal of Agricultural Science*, 133(4), 379-388.
- Leal, K., Ferrando, C., Molina, J., Luján, R., & Avila, R. (2010). Efecto de la frecuencia de corte sobre calidad y porcentaje de hoja de especies introducidas. *Rev. Arg. Prod. Anim*, 30(1), 362-363.
- Lértora, R. D. (2023). Efecto de distintos regímenes de defoliación sobre la producción y el valor nutritivo en *Megathyrus maximus* en dos sistemas productivos contrastantes (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Lemaire G. y Agnusdei M. (2000). Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. Pp. 265-287 en Lemaire G., Hodgson J., Moraes A., Nabinger C. y Carvalho P. C. de F. (eds.) *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. CAB International, Wallingford (UK).
- Martinez Calsina, L., Agnusdei, M. G., Assuero, S. G., & Pérez, H. (2012). Size/density compensation in *Chloris gayana* Kunth cv. Fine Cut subjected to different defoliation regimes. *Grass and Forage Science*, 67(2), 255-262.

- Monteith, J. L. (1972). Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of applied ecology*, 9(3), 747-766.
- Monteith, J. L., & Unsworth, M. H. (2013). *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and the Atmosphere* (4th ed.). Academic Press
- 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.
- Paciullo, D. S. C., Gomide, C. D. M., Castro, C. D., Maurício, R. M., Fernandes, P. B., & Morenz, M. J. F. (2017). Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. *Grass and forage Science*, 72(3), 590-600.
- Pérez, H.E.; Luchina, J.; Martínez Calsina, L.; Taleisnik, E.; Erazzú, L.E.; Lara, J.E. (2014). Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv. Finecut en ambientes salinos: 2. Frecuencia de defoliación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34 (1), 145.
- 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.
- Romero Delgado, G., Echevarría Rojas, M., Trillo Zárate, F., Hidalgo Lozano, V., Aguirre Terrazas, L., Robles Rodríguez, R., y Núñez Delgado, J. (2020). Efecto del faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1).
- Robson M. J. (1972). The effect of temperature on the growth the S. 170 tall fescue (*Festuca arundinacea*). I. Constant temperature. *Journal of Applied Ecology*, 9(2), 643-653.
- Ruolo, M. S. (2017). Morfogénesis, estructura, producción y calidad de *Chloris gayana* Kunth bajo distintos regímenes de defoliación (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Ruolo, S., Pérez, H. y Rodriguez, A. (2019). *Chloris gayana* Kunth under different defoliation regimes. Morphogenesis, sward structure and leaf area index. *Grass Forage Science*, 74, 720-727.
- 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, D. C., Guimarães Júnior, R., Vilelab, L., Alcantara Maciel, G., Souza França, A. F. (2018). Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. *Agric. Ecosyst. Environ*, 266, 174-180.
- Wilson, J. R., & Ludlow, M. M. (1991). The environment and potential growth of herbage under plantations. *Forages for plantation crops*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 10-24.
- Woledge, J., & Jewiss, O. R. (1969). The effect of temperature during growth on the subsequent rate of photosynthesis in leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Annals of Botany*, 33(5), 897-913.