

**Universidad de San Pablo
Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA
Sepé a regímenes de defoliación**

Diego Germán Giorello Leites

Tesis presentada para la obtención del título de Doctor en
Ciencias. Área de concentración: Ciência Animal y
Pasturas

**Piracicaba
2020**

Diego Germán Giorello Leites
Ingeniero Agrónomo

**Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a
regímenes de defoliación**

Orientador:
Prof. Dr. **SILA CARNEIRO DA SILVA**

Tesis presentada para la obtención del título de Doctor en
Ciencias. Área de concentración: Ciência Animal y
Pasturas

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISION DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Giorello Leites, Diego Germán

Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a regímenes de defoliación / Diego Germán Giorello Leites. - - Piracicaba, 2020.
99 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Paspalum notatum* 2. IAF 3. Defoliação 4. Intensidade I. Título

DEDICATORIA

A mi familia que me acompañó en este excelente camino.

AGRADECIMIENTOS

A USP/ESALQ por la oportunidad de realizar esta capacitación.

Al Profesor Dr Sila Carneiro da Silva por la orientacion profesional, personal y por enseñarme como hacer “o certo pelo certo”.

A los miembros del comité de oritentacion Profesor Dr. André Fischer Sbrissia y Profesor Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira.

A INIA por permitir y apoyar la realización de esta capacitación.

A ANII por la Beca de estudios otorgada.

A mis compañeros de INIA por el apoyo recibido durante todas las etapas de la capacitación.

A todos los profesores y funcionarios de USP/ESALQ con quienes interactué.

A todos los colegas de posgrado con quienes comparti y especialmente a Lucas, Fagner, Guillermo, Henrique, Guilherme, Eliana, Patricia y Larissa.

A mi familia (Giorello Leites y Rodriguez Machado Losada) y amigos por el apoyo recibido durante todo este tiempo y especialmente a Maria Noel y Bruno por acompañarme desde el inicio y Alfonso quien se incorporo en el camino.

“Somos do tamanho de nossos sonhos”

(Fernando Pessoa)

SUMARIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
RESUMEN.....	10
1 INTRODUCCIÓN.....	11
REFERENCIAS.....	13
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 <i>Paspalum notatum</i> como opción forrajera	15
2.2 Manejo del pastoreo	16
2.3 Modelo Conceptual.....	22
2.4 Objetivo general	23
REFERENCIAS.....	23
3 RESPUESTAS DE BAHIA GRASS (<i>Paspalum notatum</i> CV. INIA SEPÉ) A INTENSIDADES DE DEFOLIACIÓN.....	29
Resumen.....	29
Abstract	30
3.1 Introducción	31
3.2 Materiales y métodos	32
3.3 Resultados	39
3.4 Discusión.....	48
3.5 Conclusiones	51
REFERENCIAS.....	
4 DINÁMICA POBLACIONAL DE <i>Paspalum notatum</i> CV. INIA SEPÉ SOMETIDO A FRECUENCIAS Y SEVERIDADES DE CORTE.....	55
Resumen.....	55
Abstract	56
4.1 Introducción	56
4.2 Materiales y métodos	57
4.3 Resultados	63
4.4 Discusión.....	70
4.5 Conclusiones	73

REFERENCIAS	73
5 ACUMULACIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA Y VALOR NUTRITIVO DE <i>Paspalum notatum</i> CV. INIA Sepé SOMETIDO A FRECUENCIAS Y SEVERIDADES DE CORTE	77
Resumen	77
Abstract.....	77
5.1 Introducción.....	78
5.2 Materiales y métodos.....	79
5.3 Resultados.....	85
5.4 Discusión	93
5.5 Conclusiones.....	95
REFERENCIAS	95
6 CONSIDERACIONES FINALES	97
7 CONCLUSIONES.....	99

RESUMO

Respostas morfofisiológicas e agrônômicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a regimes de desfolhação

Paspalum notatum cv. INIA Sepé parece ser uma excelente opção para os sistemas de produção do Uruguai. Isso se justifica por sua capacidade de produção de forragem de qualidade, sua adaptação ao meio ambiente e sua estabilidade produtiva frente a uma amplitude significativa de intensidades de manejo. Para o desenvolvimento do cultivar e ajuste do manejo do pastejo, são necessários conhecimentos sobre sua ecologia, persistência e estabilidade da população de perfilhos. O objetivo deste trabalho foi identificar o manejo ótimo de desfolhação de *Paspalum notatum* como forma de viabilizar seu uso e, assim, aumentar a estabilidade da produção anual de forragem, contribuindo para o aumento da produtividade pecuária. Para isso, foram planejados dois experimentos no Campo Experimental de Tambores (INIA Tacuarembó). O primeiro consistiu em avaliar o grau de adaptação da planta forrageira a uma variedade de intensidades de desfolhação e sua resposta em termos de produção de forragem. Basicamente, o estudo focou na avaliação da produção de forragem e as variações em tamanho e número dos perfilhos de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé submetido a cortes semanais como forma de manter alturas de manejo predefinidas (3, 10, 17 e 24 cm). A produção de forragem foi estável entre 10 e 24 cm, o que esteve associado a um processo de compensação entre tamanho e densidade populacional de perfilhos. Foram identificados limites de uso quanto à combinação de altura e dose de nitrogênio, concluindo-se que a planta forrageira apresenta grande plasticidade e flexibilidade de manejo caracterizada pela estabilidade da produção de forragem e sua capacidade de realizar ajustes de tamanho e densidade populacional de perfilhos entre 10 e 24 cm de manejo. O segundo experimento consistiu em comparar a combinação de três frequências de corte determinadas pela porcentagem de interceptação da luz incidente (IL) durante o período de rebrotação (90%, 95% e IL - IL90%, IL95% e ILmax máxima) e duas severidades de corte correspondentes a 40 e 60% da altura do dossel forrageiro no momento do corte. Neste estudo, foram avaliados aspectos relacionados à demografia e dinâmica do perfilhamento. Os valores de índice de estabilidade da população de perfilhos (sempre próximos a 1) indicaram alta estabilidade, independentemente do tratamento ou da época do ano. A porcentagem de perfilhos vivos da estação de crescimento anterior que inicia a estação de crescimento do ano seguinte foi próxima de 50%, indicando forte efeito e importância do manejo da estação de crescimento anterior sobre o resultado produtivo da estação de crescimento seguinte. O valor da meia-vida dos perfilhos foi semelhante entre os tratamentos e correspondeu a $250 + 34,5$ dias. A longa meia-vida dos perfilhos, juntamente com os valores de IE superiores a 1 e as altas taxas de sobrevivência explicam a alta longevidade e estabilidade da população de perfilhos, característica que confere a essa planta o alto potencial de adaptação e grande flexibilidade de manejo da desfolhação. Por outro lado, foram analisadas variáveis relacionadas ao acúmulo de forragem, composição morfológica e valor nutritivo da forragem produzida que, em conjunto, corroboraram a elevada flexibilidade de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé ao manejo da desfolhação e indicaram que o momento ótimo para interromper a rebrotação não deva exceder 95% de IL (cerca de 30 cm de altura) como forma de garantir a produção de forragem de elevado valor nutritivo e colheita eficiente da forragem produzida.

Palavras-chave: *Paspalum notatum*, IAF, Perfilhos, Tamanho, Densidade, Dinâmica populacional, Acumulação de forragem, Valor nutritivo

ABSTRACT

Morphophysiological and agronomic responses of *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé to defoliation regimes

Paspalum notatum cv. INIA Sepé appears as an excellent option for Uruguayan production systems. This is justified by its high-quality forage production capacity, its adaptation to the environment and its productive stability against a significant range of management intensities. For its development and grazing management, knowledge regarding its ecology, persistence and stability of tiller population is required. The aim of this study was to identify optimal grazing management of *Paspalum notatum* in order to enable its use and allow for increasing the stability of within year forage production and increase in livestock productivity. Two experiments were planned in “Tambores” experimental field (INIA Tacuarembó). The first one aimed at evaluating the adaptability of the forage plant to a range of defoliation intensities and its forage production. Basically, the study was guided to evaluate herbage production, tiller size and number of *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé subjected to weekly cuts to maintain predefined height targets of management (3, 10, 17 and 24 cm). Forage production was stable between 10 and 24 cm, and it was associated with a size x density compensation process in tiller population. Limits of use were identified regarding the combination of height and nitrogen dose, indicating that it has great plasticity and management flexibility characterized by the stability of forage production and its ability to make adjustments in tiller population within the range 10 to 24 cm. The second experiment aimed at comparing the combination of three cutting frequencies determined by the level of canopy light interception (LI) during regrowth (90, 95 and maximum LI - LI_{90%}, LI_{95%} and LI_{max}) and two cutting severities corresponding to 40 and 60% of the pre-cutting height as post-grazing height. In this study, aspects related to tiller population demography and dynamics were evaluated. The stability index (SI) of tiller populations were consistently close to 1, indicating stability of tiller population regardless of defoliation treatment and the time of year. The percentage of surviving tillers from previous growing season starting the next season was close to 50%, highlighting the importance of management during previous growing season to the performance of pastures in the following year. The half-life of tillers did not differ among treatments and corresponded to an average of 250 + 34.5 days. Long tiller half-life associated with SI values around 1 and great rates of tiller survival explain the long longevity and stability of the tiller population, characterizing plant's adaptability and flexibility to defoliation. The results regarding forage accumulation, morphological composition and nutritional value of the produced herbage corroborate the large flexibility of *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé to defoliation, indicating that the optimal moment to interrupt regrowth should not exceed 95% of LI (pre-cutting height of 30 cm) as a means of ensuring high nutritional value, herbage production and utilization efficiency.

Keywords: *Paspalum notatum*; IAF; Tillers; Size; Density; Population dynamics; Forage accumulation; Nutritional value

RESUMEN

Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a regímenes de defoliación

Paspalum notatum cv. INIA Sepé aparece como una excelente opción para los sistemas de producción de Uruguay. Esto se justifica por su alta capacidad de producción de forraje de calidad, su adaptación al medio y su estabilidad productiva frente a una importante amplitud de intensidades de manejo. Para el desarrollo del cultivar y ajuste del manejo del pastoreo, se requiere conocimiento sobre su ecología, persistencia y estabilidad de la población de macollos. El objetivo de este trabajo fue identificar el manejo óptimo de pastoreo de *Paspalum notatum* a los efectos de poder viabilizar su uso y de esta manera poder aumentar la estabilidad de la producción anual de forraje, contribuyendo al aumento de la productividad ganadera. Para ello se plantearon dos experimentos en el Campo Experimental Tambores (INIA Tacuarembó). El primero consistió en evaluar la capacidad de adaptación de la forrajera a una amplitud de intensidades de defoliación y su respuesta en producción de forraje. Basicamente el estudio fue orientado a evaluar la producción de forraje y las variaciones en tamaño y número de macollos de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé bajo cortes semanales para mantener las alturas predefinidas de manejo (3, 10, 17 y 24 cm). La producción de forraje fue estable entre 10 y 24 cm, la cual estuvo asociada a una compensación tamaño x densidad poblacional de macollos. Se identificaron límites de uso en cuanto a la combinación de altura y dosis de nitrógeno mientras que se pudo concluir que presenta una gran plasticidad y flexibilidad de manejo caracterizada por la estabilidad de producción de forraje y por su capacidad de realizar ajustes en el tamaño y la densidad poblacional de macollos desde 10 a 24 cm de altura de manejo. El segundo experimento consistió en la comparación de la combinación de tres frecuencias de corte determinadas por el porcentaje de intercepción de luz (IL) incidente durante el rebrote (90%, 95% y máxima IL – IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{máx}) y dos severidades de corte correspondientes a 40 y 60% de la altura de disponible al momento de corte. En este estudio fueron evaluados aspectos relacionados a la demografía poblacional de macollos donde los valores del índice de estabilidad (siempre próximos a 1) indicaron una alta estabilidad independientemente del tratamiento o de la época del año. El porcentaje de macollos vivos de la estación anterior que inician la estación siguiente fue cercano al 50%, indicando una alta incidencia del manejo en la estación de crecimiento anterior en el resultado productivo de la zafra siguiente. El valor de vida media de los macollos no varió entre tratamientos y en promedio fue de $250 \pm 34,5$ días. El número registrado de vida media de macollos junto a los valores de IE superiores a 1 y las altas tasas de sobrevivencia explican la elevada longevidad y estabilidad de la población de macollos, característica que le confiere elevado potencial de adaptación y gran flexibilidad de manejo a la defoliación. Mientras que por otra parte fueron analizadas variables relacionadas a la acumulación de forraje, composición morfológica y el valor nutritivo, concluyéndose que *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé posee gran flexibilidad de manejo de la defoliación, siendo que la meta pre-corte óptima no debe exceder 95% de IL (próximo a 30 cm) como forma de asegurar un elevado valor nutritivo, producción y eficiencia de cosecha de forraje.

Palabras clave: *Paspalum notatum*, IAF, Macollos, Tamaño, Densidad, Dinámica poblacional, Acumulación de forraje, Valor nutritivo

1 INTRODUCCIÓN

El aumento sustentable de la productividad agropecuaria es una preocupación constante de los productores y las autoridades gubernamentales, quienes entienden este aspecto como uno de los principales mecanismos de mejora de la sostenibilidad económica, social y ambiental de los sistemas productivos y del país. La necesidad de aumento de la productividad está determinada por el aumento del precio de la tierra y de los arrendamientos, así como también por el aumento de la demanda externa y las presiones económicas y sociales de los diferentes actores ligados directa e indirectamente al sector agropecuario (Montossi, 2013).

En Uruguay la producción de carne bovina representa un importante rubro en la economía nacional. Esta actividad además de ser la más importante en la ocupación territorial, representa el 26% del valor de la producción bruta de la actividad agropecuaria (Montossi, 2013). La ganadería extensiva, tanto ovina como bovina, se basan en el uso de pasturas naturales, las cuales ocupan el 64% del territorio del país (MGAP, 2011) y son la principal fuente de alimentación para el ganado. Las pasturas cultivadas, los campos mejorados y las pasturas anuales representan únicamente el 4,5% del área ganadera. La base forrajera así conformada es altamente dependiente de las condiciones climáticas, que en muchos años representa restricciones de productividad y competitividad. La curva de producción media de campos naturales presenta valores mínimos de producción en los meses invernales debido a la menor radiación y temperatura, siendo máximos en primavera y teniendo mayor variabilidad en los meses estivales, donde la variabilidad en las precipitaciones y por lo tanto el nivel de humedad en el suelo explican fuertemente la falta de estabilidad en dicha producción (Mas, 2007). Considerando el invierno como la estación más restrictiva durante décadas la investigación nacional en pasturas estuvo orientada a levantar estas limitaciones focalizándose en especies templadas con su característico ciclo primavera estival, llegando a la actualidad donde existe un amplio menú de opciones forrajeras y cultivares tanto gramíneas como leguminosas. Una vez disponibles un conjunto de soluciones tecnológicas que permiten levantar las restricciones invernales, es oportuno explorar soluciones estivales que sean capaces de incrementar la productividad y bajar la variabilidad entre años y dentro de la estación de crecimiento. En ese sentido se consideró importante explorar opciones forrajeras nativas tales como *Paspalum notatum* el cual es una gramínea perenne estival, de tipo C₄, nativa y una de las especies más frecuentes en los campos naturales de Uruguay. Es una forrajera agresiva en su colonización, adaptada a un amplio espectro de tipos de suelos, desde arcillosos mal drenados hasta arenosos de baja fertilidad y alta saturación de aluminio. Esta especie tiene alta

producción de semilla viable y posee rizomas estoloniformes acompañado de un sistema radicular profundo. *Paspalum notatum* tiene como centro de origen América del Sur, siendo ampliamente cultivado en Australia y principalmente en Estados Unidos, ocupando más de 1,5 millones de hectáreas (Wallau et al., 2019). En la actualidad es utilizado en pastoreo, y también para producción de heno, control de erosión y campos recreativos. Si bien la especie es originaria de esta región en Uruguay y en América del Sur son escasos los trabajos que evalúen su crecimiento, persistencia, manejo del pastoreo y sus posibles contribuciones a la producción animal. Teniendo en cuenta las potencialidades de *P. notatum*, y con el propósito de valorizar los recursos genéticos de Uruguay, en 2006 se realizó una colecta nacional de germoplasma buscando caracterizar, valorizar y conservar recursos genéticos. La colección incluye más de 400 individuos provenientes de 97 accesiones (sitios de colecta) de todos los departamentos del país. El proceso de caracterización y evaluación fue desarrollado entre 2007 y 2012, años en los que se evaluaron características morfológicas de cada material, adaptación a diversos ambientes, aspectos sanitarios, su producción de forraje y semilla y su capacidad colonizadora. A partir del 2012 se comenzó la etapa de evaluación regional e incremento de semilla del clon denominado experimentalmente TB42 que devino en el cultivar INIA Sepé, el cual pertenece a la variedad botánica *latiflorum* de *Paspalum notatum*, es tetraploide y su reproducción es apomictica, lo que significa que las semillas generadas son clones de la planta original (Reyno et al., 2012). Por otra parte, al norte del Uruguay específicamente en la región de Basalto, se registran las mayores temperaturas y niveles de luminosidad del país (Abal & Angelo, 2010), por lo que es esperable los mayores rendimientos de cultivos y forrajes estivales una vez resueltas las deficiencias hídricas y nutricionales, causantes en condiciones extensivas de la gran variabilidad existente, donde en algunos años secos en los meses estivales la producción puede ser mínima y similar a la producción invernal, mientras que en veranos lluviosos superar el 50% del crecimiento anual (Mas, 2007). Con respecto al uso de este tipo de alternativas en la producción de carne bovina, se cree que el principal aporte de la especie será el de acelerar procesos de recría, tanto de hembras como de machos, aportando forraje de calidad en una época restrictiva del año.

El manejo del pastoreo es el principal factor para el control de la productividad, calidad y persistencia de pasturas perennes, por lo tanto, se ubica en el primer nivel jerárquico de generación de conocimiento para el desarrollo de nuevas alternativas forrajeras. Un adecuado manejo del pastoreo consiste en encontrar un balance eficiente entre el crecimiento de la planta, su consumo y la producción animal, para mantener estable el sistema de producción (Hodgson et al., 1981). Estas razones resaltan la importancia de conocer los procesos de crecimiento y

acumulación de biomasa, y como esto influye sobre la calidad del forraje producido, en el desempeño animal individual y en la capacidad de carga del sistema.

El aporte de la investigación planteada será generar información sobre el manejo del pastoreo para contribuir al desarrollo de una especie forrajera perenne estival de alta productividad, persistencia y calidad. Esta herramienta tecnológica contribuirá al incremento en la productividad y estabilidad de los sistemas de producción animal de Uruguay.

REFERENCIAS

- Abal, G., & Angelo, M. (2010). Mapa Solar del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ingeniería.
- Hodgson, J., Bircham, J., Grant, S., & King, J. (1981). The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In Belfast (Ed.), *Symposium on plant physiology and herbage production* (pp. 51–62). Nottingham, UK: British Grassland Society.
- Mas, C. (2007). *Setaria Sphacellata*. Una gramínea a tener en cuenta. *Revista INIA*, 33–36. Retrieved from [http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos compartidos/111219220807171743.pdf](http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos_compartidos/111219220807171743.pdf)
- MGAP. (2011). Censo Agropecuario. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Retrieved from <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/censo2011.pdf>
- Montossi, F. (2013). Introducción: "innovación e invernada de precisión para el Uruguay". *Invernada de Precisión: Pasturas, Calidad de Carne, Genética, Gestión Empresarial e Impacto Ambiental*. Montevideo, Uruguay: INIA.
- Reyno, R., Narancio, R., Speranza, P., Do Canto, J., Lopez Carro, B., Hernandez, P., ... Dalla Rizza, M. (2012). Molecular and cytogenetic characterization of a collection of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) native to Uruguay. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8), 1823–1832.
- Wallau, M., Vendramini, J., Dubeux, J., & Blount, A. (2019). Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flueggé): overview and pasture Management. *Serie of the Agronomy Departament, UF/IFAS Extension*. Florida, USA.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Paspalum notatum* como opción forrajera

Esta especie adopta el nombre común de Bahíagrass en Estados Unidos y “Pasto Horqueta” en América del Sur, región en la cual es su centro de distribución (Latitud 24,5 +/- 7,3° y hasta 2000 metros sobre el nivel del mar). En la actualidad está ampliamente difundida en Estados Unidos, América Central y del Sur, así como también en Australia (Skerman et al., 1992). Es una planta perenne estival, la cual se propaga generando estolones, rizomas, macollos y semillas. Limbos foliares no mayores a 1cm de ancho en ocasiones vellosos. La producción de forraje se concentra en primavera, verano y otoño, siendo enero el mes de mayor producción en el hemisferio sur. La producción anual de forraje es variable (3362 – 11208 kg MS.ha⁻¹.año⁻¹) según el cultivar, manejo y ambiente (Wallau et al., 2019). La temperatura óptima para el crecimiento se ubica entre 25 y 30°C (Russell & Webb, 1976). Si bien la especie es descripta como tolerante a heladas, existen registros en Carolina del Norte de pérdidas totales por temperaturas de -12°C (Skerman et al., 1992). Se adapta a un régimen de precipitaciones subtropical de moderado a alto (promedio de 1500 +/- 586 mm) con un mínimo requerido de 750 mm anuales (Russell & Webb, 1976). Cuenta con un sistema radicular profundo y denso que le permite tolerar periodos de sequía, así como también periodos de anegamiento, permaneciendo improductivo, aunque no registrando muerte de plantas (Colman & Wilson, 1960). Su valor nutritivo es función de la época, manejo nutricional y del pastoreo, los valores de digestibilidad oscilan entre 50 a 60% en la época de crecimiento, mientras que el porcentaje de proteína cruda entre 10 a 15% (Wallau et al., 2019). Se adapta a un amplio rango de tipos de suelos, desde ácidos arenosos con presencia de aluminio hasta arcillosos mal drenados. En suelos arenosos en Florida Beaty, et al. (1963) detectaron respuesta en producción de forraje hasta el agregado de 224 kg de Nitrógeno por hectárea al año. Se ha observado una intensa actividad de la nitrogenasa, actividad asociada con *Azotobacter paspali*, existiendo registros de fijación anual de aproximadamente 20 kg de nitrógeno por hectárea (Boddey et al., 1983; Day et al., 1975) Como principal aspecto a tener en cuenta es su largo período de implantación, dado por una germinación lenta y un pobre crecimiento tanto de plántula como en las etapas iniciales luego de establecida la planta. Este aspecto si bien puede interferir en la competencia por malezas, una vez establecido forma una pastura densa (Chippindall & Crook, 1976).

2.2 Manejo del pastoreo

La acumulación de forraje por parte de las plantas forrajeras sometidas a cortes o pastoreos intermitentes fue descrita como el resultado de los procesos de crecimiento y senescencia (Hodgson, 1990). La intensidad de defoliación en este tipo de pastoreo puede ser dividida en frecuencia y severidad, las cuales están relacionadas al intervalo entre cortes y a la proporción de tejidos (masa de forraje, altura, IAF) removido en cada episodio de corte o pastoreo. El momento en el cual se interrumpe el rebrote es de trascendental importancia ya que determina la cantidad de forraje acumulado, su valor nutritivo y la capacidad de los animales de poder cosecharlo (Carvalho, 2005). Brougham (1955) determinó tres fases en el proceso de acumulación de forraje. En la primera fase, la producción de forraje ocurre lentamente, debido al bajo IAF residual remanente después del pastoreo o corte, y por el bajo aporte de las hojas no removidas. En esta fase existe una alta dependencia del aporte de factores de crecimiento, de las reservas orgánicas y del área foliar remanente (Brougham, 1957). Durante la segunda fase el incremento en la masa de forraje es constante (acumulación lineal), de acuerdo con el potencial de la gramínea en el ambiente, mientras que en la tercera fase (acumulación sigmoide), siendo acentuado el proceso de senescencia foliar en tal magnitud que podría igualar o sobrepasar el crecimiento de hojas, generando eventualmente una disminución en la masa de forraje. En las etapas iniciales del rebrote, el principal componente morfológico acumulado son hojas, en la medida que el IAF aumenta, la competencia por luz dentro de la cubierta vegetal se incrementa hasta que la inversión solamente en hojas se ve afectada y podría comenzar la formación de tallos, dependiendo de la especie. La señal para el direccionamiento de la energía es generada a instancias de receptores de luz capaces de determinar diferencias en relación rojo/rojo lejano (Lemaire, 2001). Este tipo de respuesta podría estar relacionado a mecanismo de evitar el sombreado en contraste con mecanismos de aclimatarsse o tolerar el efecto de la sombra dentro del dosel. Korte et al. (1982) postularon el concepto de IAF crítico como criterio de manejo, el cual correspondería con la interceptación del 95% de la luz incidente por parte del dosel forrajero. Los autores indicaron que la interrupción del rebrote posterior a ese punto podría resultar en una reducción en la acumulación de forraje y un deterioro en la estructura de la pastura ocasionado por un aumento en la proporción de tallos e incrementos en las tasas de senescencia. Resultados similares fueron encontrados por Parsons & Penning (1988), indicando que el IAF crítico sería el punto de máxima tasa media de acumulación de forraje, condición en la cual el balance entre los procesos de crecimiento y senescencia sería máximo. En pasturas manejadas con largos periodos de rebrote, excediendo el 95% de intercepción de luz durante el

rebrote (IL) la acumulación total podría ser incluso superior, pero con una alta proporción de tallos y material muerto, resultando en una menor acumulación de materia seca de hojas y un forraje producido de menor valor nutritivo (Santos et al., 2006). Este resultado podría generar una menor eficiencia de cosecha en el proceso de pastoreo ocasionado por un mayor rechazo por parte de los animales. Por otra parte, frecuencias de defoliación menores generan mayores intervalos de defoliación generando así un menor número de ciclos de pastoreo en el total del período. El concepto de IAF crítico si bien fue desarrollado sobre especies templadas, a inicio de los años 2000 se realizaron diversos trabajos que continúan hasta la actualidad sobre pasturas tropicales y subtropicales con resultados similares en cuanto a las ventajas de interrumpir el rebrote en momentos previos a sobrepasar el 95% de intercepción de luz (Carnevali et al., 2006; Pedreira et al., 2007; Pereira et al., 2011; Trindade et al., 2007). Asociado a estos trabajos se establecieron correlaciones entre el IAF crítico y las alturas del dosel forrajero, transformando a esta última en una herramienta confiable y de fácil aplicación en el campo al momento de establecer metas de manejo (Da Silva et al., 2015). Con el objetivo de cosechar forraje con mejor valor nutritivo a expensas de una posible pérdida de acumulación de forraje, fueron realizados diversos trabajos evaluando metas de IL inferiores al IAF crítico (90% vs 95% IL) (Zanine et al., 2011), los cuales observaron una disminución en la acumulación de forraje y de hojas en el proceso de crecimiento. En relación con la severidad de defoliación Parsons et al. (1988) demostraron que cuanto menor el IAF residual, mayor debió ser el periodo de rebrote hasta alcanzar la tasa máxima de acumulación de forraje. El criterio para severidad debería ser un IAF residual alto a los efectos de permitir un mayor periodo de crecimiento en condición de alta intercepción (Brougham, 1956), aunque no excesivo ya que podría generar una elevada proporción de material muerto y dependiendo de la especie, una mayor proporción de tallos (Carnevali et al., 2006). A pesar del uso consolidado de la altura del dosel en pre-pastoreo como criterio de manejo para pasturas templadas y tropicales, el uso de alturas flexibles de remanente es más reciente, principalmente en pasturas tropicales donde la mayoría de los trabajos fueron realizados con alturas fijas lo cual generó severidades de defoliación variables no permitiendo definir una única meta para las diferentes plantas forrajeras. Un avance reciente fue la adopción del criterio de proporción de defoliación basados en que severidades superiores al 50% de la altura inicial impedían maximizar el consumo en el corto plazo (Delagarde et al., 2001; Fonseca et al., 2012; Trindade et al., 2007). De esta manera fue percibida la necesidad de evaluar las diferentes metas pre-pastoreo con severidades de defoliación que no superasen el 50% de la altura pre-pastoreo. En estudios recientes en *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex. Chiov. fueron evaluadas alturas inferiores a las

correlacionadas al 95% de IL en combinación con severidades del 50% de la altura pre-pastoreo (Santos, 2014; Schmitt et al., 2019) a los efectos de explorar la flexibilidad en el manejo. Los resultados muestran que en las alturas donde el IAF se mantuvo, las tasas de acumulación de forraje no fueron diferentes. Si bien en las pasturas evaluadas con menor altura pre y post-pastoreo se registraron menores valores en las tasas de elongación foliar, las tasas de acumulación fueron semejantes a las demás alturas debido a menores tasas de senescencia. El IAF fue mantenido relativamente constante debido a que pasturas mantenidas con menores alturas presentaron una mayor densidad poblacional de macollos más pequeños comparado a los registrados en pasturas de mayor altura. Este proceso conocido como compensación tamaño densidad de macollos es el que resulta como respuesta morfofisiológica a los efectos de compensar reducciones en el tamaño de los macollos causadas por la defoliación, permitiendo así mantener estable el área foliar del dosel forrajero y por lo tanto la acumulación de forraje (Matthew et al., 2000).

Las plantas una vez pastoreadas intentan regenerar un máximo de área foliar (representado por el índice de área foliar IAF) a los efectos de optimizar la producción de fotoasimilados y generar así la energía necesaria para el crecimiento. Este proceso ocurre en dos niveles integrados de complejidad, el recambio de hojas en cada macollo individual y el recambio de macollos dentro de la población (Da Silva, 2004). La estructura del dosel forrajero se define como el arreglo de la parte aérea de las plantas (macollos y fitómeros) en una comunidad (Laca & Lemaire, 2000) y puede ser descripta a través de la masa de forraje, altura, densidad poblacional de macollos, densidad volumétrica, composición morfológica, ángulo foliar, relación hoja/tallo además del IAF. En concordancia con Chapman & Lemaire (1993), la morfogénesis de las plantas puede ser definida como la dinámica de la generación (génesis) y de la expansión de la forma (morphos), por lo tanto, es el estudio del origen y desarrollo de los diferentes órganos de un organismo. Este estudio puede ser realizado a través de las tasas de apareamiento de nuevos órganos (organogénesis), tasa de expansión (crecimiento) y tasas de senescencia y descomposición (Nabinger, 1997). Para plantas en estado vegetativo pueden ser descriptas por la tasa de aparición de hojas, la tasa de crecimiento de hojas y por el tiempo de vida de estas. Si bien algunas de estas características son determinadas genéticamente, sufren gran influencia de factores ambientales como temperatura, luz, nutrientes y condiciones hídricas del suelo. La combinación de estas características determina las características estructurales de la pastura que son tamaño de hoja, determinado por la tasa de aparición de hojas y por la tasa de expansión; la densidad poblacional de macollos relacionado principalmente con la tasa de aparición de hojas dado que determina el número potencial de

macollos y el número de hojas vivas por macollo, siendo el resultado de la tasa de aparición y el tiempo de vida de las hojas (Chapman & Lemaire, 1993). En el caso de plantas forrajeras tropicales Da Silva & Nascimento Junior (2007) agregaron una característica morfogénica que es el alargamiento de tallos, el cual determina la característica estructural relación hoja/tallo, situación que ha sido descrita en algunas especies forrajeras como *Panicum maximum* cv. Mombaca (Carnevalli et al., 2006), *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (Pedreira et al., 2007), *Pennisetum purpureum* cv. Napier (Pereira et al., 2013). El crecimiento de tallos es influenciado por la calidad de luz que reciben las plantas, determinado por la luz incidente y por el IAF del dosel, así como por factores abióticos como temperatura. El IAF es determinado por tres componentes, la densidad poblacional de macollos, el número de hojas por macollo y el tamaño de las hojas. El tamaño de la hoja es función del largo y por lo tanto controlado por la altura de defoliación, el número de hojas por macollo es relativamente estable, siendo la densidad poblacional de macollos la característica que permite expresar más fácilmente los cambios en IAF (Matthew et al., 2000). Esta característica es el balance entre la aparición y muerte de macollos y la expresión de cada una de estas determinara la estabilidad de la densidad poblacional de macollos. Modificaciones en el perfil demográfico alteran la estructura de edades de los macollos, la estructura de la pastura, la eficiencia fotosintética del área foliar y por lo tanto la persistencia de la pastura (Da Silva et al., 2008).

La dinámica poblacional de macollos juega un rol fundamental en el manejo del pastoreo y la adaptación de las plantas a los diversos sistemas de utilización a que son sometidas. Los macollos poseen un determinado ciclo de vida, por lo que una vez finalizado ese ciclo deben ser sustituidos por otros nuevos individuos (Matthew et al., 2000). El número de hojas de un macollo podrá determinar el máximo número de nuevos macollos posibles, ya que la formación de un nuevo individuo podrá realizarse luego de la formación de una nueva hoja y la yema axilar de la misma podrá dar origen a un nuevo macollo. La relación entre la tasa de aparición de hojas y la tasa de aparición de nuevos macollos es el denominado “site filling” (Davies, 1974). El equilibrio entre aparición y muerte de macollos es dependiente del régimen de defoliación, así como también de la temperatura media diaria y la densidad poblacional, ya que la competencia por factores de crecimiento hace con que la tasa de mortalidad aumente. La densidad poblacional por sí misma no es indicadora de productividad ni de estabilidad de una pastura ya que pueden ocurrir casos donde la densidad poblacional es alta, pero su sobrevivencia es baja y por lo tanto su estabilidad también es baja (Sbrissia et al., 2010). A los efectos de describir la estabilidad de la población de macollos fue desarrollado el índice de estabilidad (Bahmani et al., 2003) el cual relaciona la cantidad de macollos que

aparecen con la cantidad de macollos que sobreviven. Conocer estas características permite identificar patrones de respuesta de la pastura a los diferentes manejos, así como conocer los límites de persistencia de esta. La variación en la población de macollos o en su estabilidad puede darse en el correr del año y sufrir modificaciones, donde la menor estabilidad se manifiesta al finalizar la estación de crecimiento o al comienzo de esta. Para especies tropicales el periodo coincidiría con fin de otoño hasta comienzo de primavera (Sbrissia et al., 2010).

Las relaciones de compensación tamaño densidad de macollos han sido discutidas para varias especies, donde existe concordancia entre los autores en definir la relación como una regla de “autodesbaste” (Yoda et al., 1963), donde el tamaño de macollos y la densidad poblacional de los mismos en escala logarítmica siguen una relación lineal con pendiente de $-3/2$. Trabajos posteriores propusieron que esta relación se mantiene en la medida que el índice de área foliar (IAF) y el R (relación entre área foliar y volumen de los macollos) se mantienen constantes (Hernandez Garay et al., 1999; Matthew et al., 1995; Sackville Hamilton et al., 1995; Sbrissia & Da Silva, 2008; Sbrissia et al., 2001). A su vez Sackville Hamilton et al. (1995) y Matthew et al. (1995) propusieron que la línea de $-3/2$ definiría un IAF que podría ser alcanzado en ese determinado ambiente mientras que si surgen modificaciones tanto en IAF como en R la inclinación de la recta sufriría modificaciones. El estudio de relaciones de compensación tamaño densidad han sido útiles para identificar indicadores determinantes del manejo dentro del diagrama multifásico propuesto por Matthew et al. (1995) (Figura 1), como lo es el punto de límite de resistencia, donde la planta ya no es capaz de continuar compensando (fin de la fase 1 y comienzo de la 2), punto óptimo de pastoreo (fin de la fase 2 y comienzo de la fase 3) y el punto donde se alcanza un techo de forraje (fase 4), donde la acumulación neta es igual a cero (Da Silva & Pedreira, 1997). Cuando el área foliar es modificada durante el rebrote o en respuesta a diferentes intensidades de defoliación la pendiente de la recta también es modificada, adoptando valores próximos a $-5/2$. Matthew et al. (1995) propusieron que la distancia entre cualquier punto y la distancia a la recta con inclinación $-3/2$ podría ser utilizada como un índice de productividad y serviría para comparar diferentes manejos en el mismo ambiente. La comparación podría ser realizada también entre la inclinación real de la pendiente obtenida y la esperable para una determinada condición la cual representaría el IAF potencial para determinado ambiente.

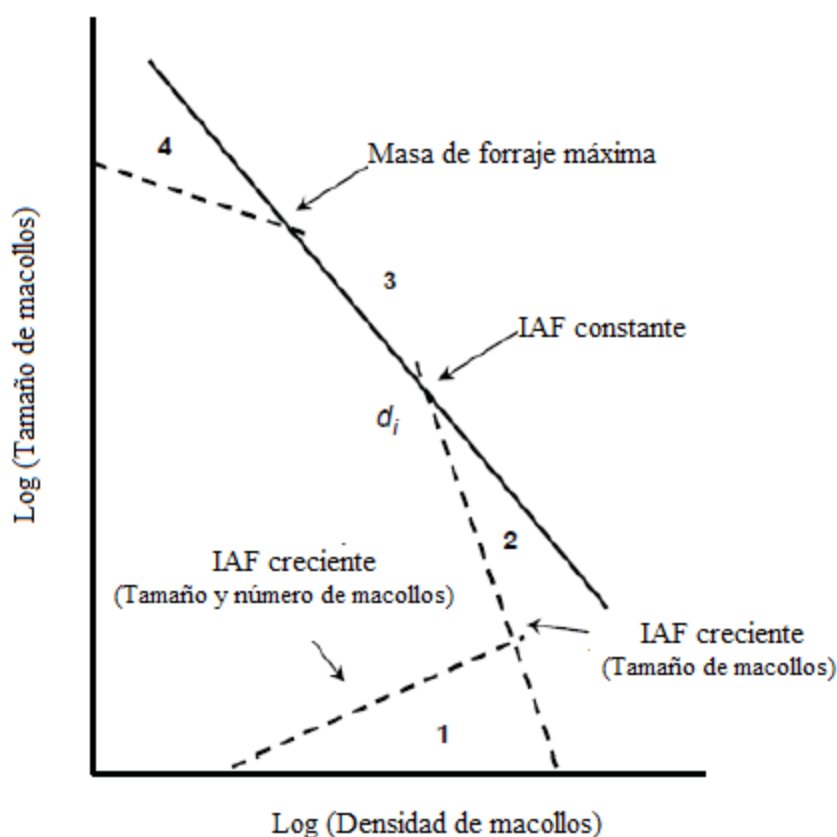


Figura 1 - Diagrama multifásico de compensación tamaño densidad poblacional de macollos (Matthew et al., 1995).

Fuente: Adaptado de Matthew et al. (1995)

Plantas forrajeras expuestas al pastoreo han adquirido mediante la coevolución con herbívoros la capacidad de ajustar sus procesos fisiológicos a la frecuente remoción de área foliar. El régimen de defoliación utilizado genera diversos efectos y genera alteraciones en las tasas de los procesos morfológicos, en el direccionamiento de los fotoasimilados, en la distribución de los componentes en el perfil del dosel. Las alteraciones realizadas en el flujo de tejidos en cada macollo, así como ajustes en la dinámica de la población de macollos tienen plasticidad acotada por los límites de resistencia de las plantas. Conocer estos límites, y el impacto de las alteraciones sobre la producción y persistencia de las pasturas es determinante a los efectos de conocer e incorporar alternativas forrajeras tropicales y subtropicales a los sistemas de producción.

2.3 Modelo Conceptual

Paspalum notatum cv. TB 42, reacciona a través de sus mecanismos de dinámica de poblaciones y morfogénesis a los efectos ambientales (determinados por el área de influencia región de Basalto, Uruguay), agronómicos (riego y fertilización) y de pastoreo. Se considera fundamental conocer cómo interactúan en la estructura de la pastura, dado que esta es determinante en los procesos de crecimiento y acumulación de biomasa, de la capacidad de carga animal, del comportamiento ingestivo y consumo de los animales, determinando así la performance individual, los cuales en su conjunto determinan la productividad del sistema.

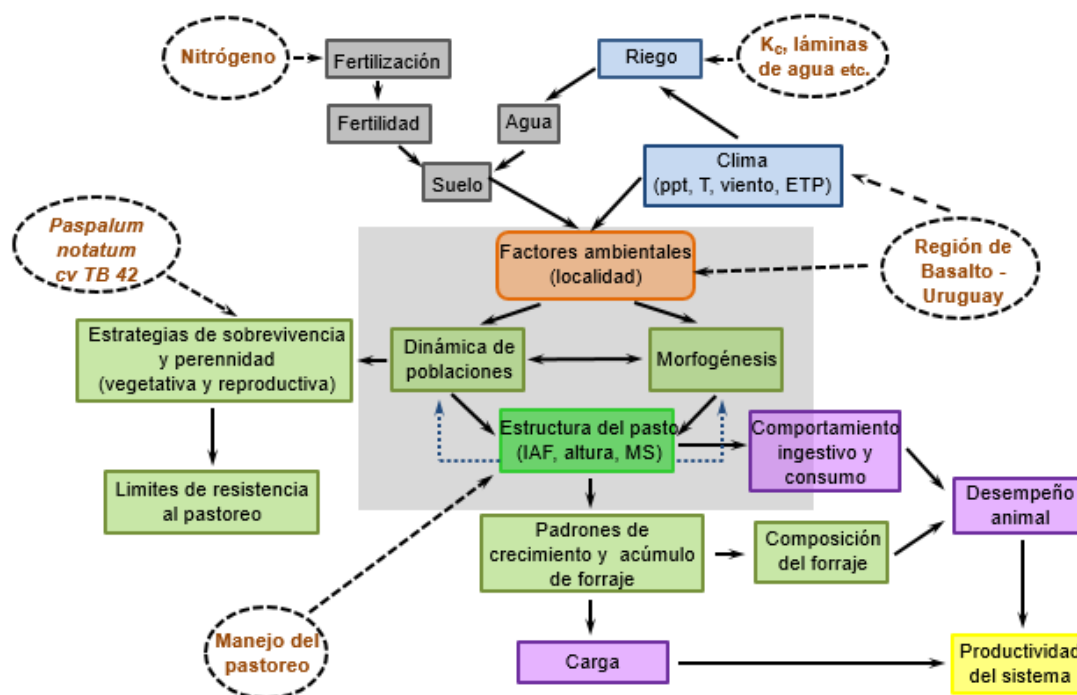


Figura 2 - Modelo conceptual de la actividad experimental

Estas relaciones causa-efecto han sido objeto de estudio en varias especies, más recientemente se han desarrollado muchos trabajos por parte de la comunidad científica en especies subtropicales y tropicales, intentando comprender las tasas de estos mecanismos en el entendido básico que los procesos son mantenidos en el tiempo y la variación que se produce en la velocidad de estos, conforme sean incrementados o reducidos los factores de producción o extracción. Los resultados obtenidos en el ajuste del manejo del pastoreo han sido traducidos

en recomendaciones de alturas de la pastura para el ingreso y salida de los animales en caso de pastoreo rotativo o en alturas promedio en el caso de pastoreo permanente. Esta herramienta permite transmitir de forma directa al productor los padrones de utilización de forraje que cumplen con el objetivo de tener un balance eficiente entre el crecimiento de la planta, su consumo y la producción animal, para mantener estable el sistema de producción.

2.4 Objetivo general

Identificar el manejo óptimo de pastoreo de *Paspalum notatum* a los efectos de poder viabilizar su uso y de esta manera poder aumentar la estabilidad de la producción anual de forraje, contribuyendo al aumento de la productividad ganadera de Uruguay.

REFERENCIAS

- Bahmani, I., Thom, E., Matthew, C., Hooper, R., & Lemaire, G. (2003). Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: Effects of cultivar, season, nitrogen fertiliser, and irrigation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(8), 803–817. <https://doi.org/10.1071/AR02135>
- Beaty, E., Powell, J., & Young, W. (1963). Amclo ArrowLeaf Clover. *Crop Science*, 5, 284.
- Boddey, R., Chalk, P., Victoria, R., & Matsui, E. (1983). The ¹⁵N isotope dilution technique applied to the estimation of biological nitrogen fixation associated with *Paspalum notatum* cv batata in the field. *Soil Biology and Biochemistry*, 15, 25–32.
- Brougham, R. (1955). A study in rate of pasture growth. *Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne*, 6, 804–812.
- Brougham, R. (1956). Effects of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agriculture Research*, 7, 377–387.
- Brougham, R. (1957). Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*, 9, 39–52.
- Carnevali, R., Da Silva, S., Bueno, A., Uebele, M., Bueno, F., Hodgson, J., ... Morais, J. (2006). Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical Grasslands*, 40(3), 165–176.

- Carvalho, P. (2005). O manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In C. PEDREIRA, J. MOURA, S. DA SILVA, & V. FARIA (Eds.), *Teoria e Prática da Produção Animal em Pastagens*. (pp. 7–32). Piracicaba.
- Chapman, D., & Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of regrowth after defoliation. In M. Baker (Ed.), *Proceedings of the XVII International Grassland Congress* (pp. 55–64). Palmerston North, New Zealand: SIR Publishing.
- Chippindall, A., & Crook, A. (1976). *240 Grasses of Southern Africa*. (M. Collins, Ed.). Salisbury, Rhodesia.
- Colman, R., & Wilson, G. (1960). The effects of floods on pasture plants. *Agr. Gaz. NSW*, 71, 337–347.
- Da Silva, S. (2004). Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In *II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem* (p. 347). Viçosa: UFV.
- Da Silva, S., Nascimento Jr, D., Sbrissia, A., & Pereira, L. (2008). Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. In *IV Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem* (pp. 75–99). Viçosa: Suprema gráfica editora Ltda.
- Da Silva, S., & Nascimento Junior, D. (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 121–138.
- Da Silva, S., & Pedreira, C. (1997). Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In V. Favoretto, L. Rodrigues, & T. Rodrigues (Eds.), *Anais do 3º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens*. (pp. 1–62). Jaboticabal: FUNEP.
- Da Silva, S., Sbrissia, A., & Pereira, L. (2015). Ecophysiology of C4 Forage Grasses—Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture*, 5(3), 598–625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>
- Davies, A. (1974). Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 82, 165–172.
- Day, J., Neves, M., & Döbereiner, J. (1975). Nitrogen fixation in the rhizosphere of tropical forage grasses. *Soil Biology and Biochemistry*, 7(2), 107–112.
- Delagarde, R., Peyraud, J., Parga, J., & Ribeiro Filho, H. (2001). Caractéristiques de la prairie avant et après un pâturage: quels indicateurs de l’ingestion chez la vache laitière? *Rencontres Autour Des Recherches Sur Les Ruminants*, 8, 209–212.

- Fonseca, L., Mezzalana, C., Bremm, C., Filho, R., Gonda, H., & Carvalho, P. (2012). Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livestock Science*, 145(1–3), 205–211.
- Hernández Garay, A., Matthew, C., & Hodgson, J. (1999). Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*, 54(4), 347–356. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1999.00187.x>
- Hodgson, J. (1990). *Grazing management: science into practice*. (J. Wiley, Ed.) (Longman Sc). New York.
- Korte, C., Watkin, B., & Harris, W. (1982). Use of residual leaf area index and light interception as criteria for spring-grazing management of a ryegrass-dominant pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 25, 309–319.
- Laca, E., & Lemaire, G. (2000). Measuring sward structure. In L. Mannetje & R. Jones (Eds.), *Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (pp. 103–122). Wallingford: CAB International.
- Lemaire, G. (2001). Ecophysiology of Grasslands: Dynamic Aspects of Forage Plant Populations in Grazed Swards. In J. Gomide, W. Mattos, & S. Da Silva (Eds.), *International Grassland Congress*, 19 (pp. 29–37). São Pedro: Fealq.
- Matthew, C., Assuero, S., Black, C., & Sackville-Hamilton, N. (2000). Tiller dynamics in grazed swards. In G. Lemaire, J. Hodgson, A. Moraes, C. Nabinger, & P. Carvalho (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (pp. 127–150). Wallingford, UK: CAB International.
- Matthew, C., Lemaire, G., Sackville Hamilton, N., & Hernandez-Garay, A. (1995). A Modified Self-thinning Equation to Describe Size/Density Relationships for Defoliated Swards. *Annals of Botany*, 76(6), 579–587.
- Nabinger, C. (1997). Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In *14º Simpósio sobre manejo da pastagem* (pp. 213–251). Piracicaba: Fealq.
- Parsons, A., Johnson, I., & Harvey, A. (1988). Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. *Grass and Forage Science*, 43, 49–59.
- Parsons, A., & Penning, P. (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.

- Pedreira, B., Pedreira, C., & Da Silva, S. (2007). Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(2), 281–287.
- Pereira, L., Paiva, A., Geremia, E., & Da Silva, S. (2013). Regrowth patterns of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) subjected to strategies of intermittent stocking management. *Grass and Forage Science*, 70(1), 195–204.
- Pereira, V., Da Fonseca, D., Mastuscello, J., Braz, T., Santos, M., & Cecon, P. (2011). Características morfogênicas e estruturais de capim-mombaça em três densidades de cultivo adubado com nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2681–2689.
- Russell, J., & Webb, R. (1976). Climatic range of grasses and legumes used in pastures: results of a survey conducted at the XI International Grassland Conference. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 42, 156–166.
- Sackville Hamilton, N., Matthew, C., & Lemaire, G. (1995). In Defence of the -3/2 Boundary Rule: a Re- evaluation of Self-thinning Concepts and Status. *Annals of Botany*, 76, 569–577.
- Santos, G. (2014). *Dinâmica e compensação tamanho/densidade populacional de Perfilhos em pastos de capim quicuí sob lotação intermitente*. Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Santos, P., Corsi, M., Pedreira, C., & Lima, C. (2006). Características morfogenéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim-Mombaça submetido a três intervalos de pastejo. *Tropical Grasslands*, 40(2), 84–93.
- Sbrissia, A., & Da Silva, S. (2008). Compensação tamanho / densidade populacional de perfilhos em pastos de capim- marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(1), 35–47.
- Sbrissia, A., Da Silva, S., Carvalho, C., Carnevalli, R., Pinto, L., Fagundes, J., & Pedreira, C. (2001). Tiller size/population density compensation in grazed coastcross bermudagrass swards. *Scientia Agricola*, 58(4), 655–665. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400002>
- Sbrissia, A., Da Silva, S., Sarmento, D., Molan, L., Andrade, F., Gonçalves, A., & Lupinacci, A. (2010). Tillering Dynamics in Palisadegrass Swards Continuously Stocked by Cattle. *Plant Ecology*, 206(2), 349–359. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/40540365>
- Schmitt, D., Padilha, D., Dias, K., Santos, G., Rodolfo, G., Zanini, G., & Sbrissia, A. (2019). Chemical composition of two warm-season perennial grasses subjected to proportions of defoliation. *Grassland Science*, 65(3), 171–178. <https://doi.org/10.1111/grs.12236>

- Skerman, P. J., Riveros, F., & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1992). *Gramíneas tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Retrieved from <http://catalogo.infoagro.hn/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1115>
- Trindade, J., Da Silva, S., De Souza, S., Giacomini, A., Zeferino, C., Guarda, V., & Carvalho, P. (2007). Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42(6), 883–890. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000600016>
- Wallau, M., Vendramini, J., Dubeux, J., & Blount, A. (2019). Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flueggé): overview and pasture Management. *Serie of the Agronomy Departament, UF/IFAS Extension*. Florida, USA.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H., & Hozumi, K. (1963). Intraspecific competition among higher plants – XI: self- thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions. *Journal of Institute of Polytechnics*, 14(D), 107–129.
- Zanine, A., Nascimento Júnior, D., Santos, M., Pena, K., Da Silva, S., & Sbrissia, A. (2011). Características estruturais e acúmulo de forragem em capim-tanzânia sob pastejo rotativo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(11), 2364–2373.

3 RESPUESTAS DE BAHIAGRASS (*Paspalum notatum* CV. INIA SEPÉ) A INTENSIDADES DE DEFOLIACIÓN

Resumen

Paspalum notatum cv. INIA Sepé, una especie forrajera perenne estival de alta productividad fue sometida a intensidades de defoliación como forma de generar información acerca de su adaptación y flexibilidad al pastoreo. El objetivo del experimento fue identificar el grado de adaptación y estabilidad de la producción de forraje bajo un largo rango de intensidades de defoliación. Para esto se realizó un experimento desde el 16 de febrero de 2016 hasta el 28 de febrero de 2019 en el Campo Experimental Tambores (INIA Tacuarembó). El diseño experimental fue completamente aleatorio con un arreglo en parcelas subdivididas con dos repeticiones. En la parcela mayor (10 m²) fueron aplicadas cuatro dosis de Nitrógeno (0, 100, 200 y 300 kg de Nitrógeno.ha⁻¹) mientras que en la parcela menor (2,5 m²) fueran aplicadas cuatro niveles de intensidad de defoliación representados por cuatro alturas de corte semanal (3, 10, 17 y 24 cm). Para evaluación de las respuestas de producción de forraje y de plantas fueron utilizadas las parcelas correspondientes a las dosis de 100 y 300 kg de Nitrógeno.ha⁻¹.año⁻¹. Los periodos de evaluación correspondieron a año 1 para la fecha 15/03/2017 y año 2 la fecha 13/02/2019. Fueron realizadas evaluaciones de masa de forraje, composición botánica y morfológica, valor nutritivo y morfogénesis. Fueron calculados el porcentaje de hoja, porcentaje de tallos, porcentaje de inflorescencias, porcentaje de material muerto, el Índice de área foliar (IAF), el Índice de Nutrición Nitrogenada (INN), el área foliar por macollo y la relación área foliar/volumen por macollo (R). Fueron realizadas regresiones entre tamaño y densidad poblacional de macollos, IAF y densidad (Ca), R y densidad (Cr), las correlaciones entre IAF, acumulación neta de forraje y distancia a la recta hipotética de pendiente -3/2. Mayores alturas de manejo generaron mayor IAF y mayor masa de forraje. De forma general, la composición morfológica fue relativamente estable. La dosis de 300 kg N.ha⁻¹ generó en mayor IAF y mayor masa de forraje. Mayores alturas de manejo resultaron en pasturas de menor densidad poblacional de macollos grandes, con mayor área foliar individual. Estos resultados indican claramente una relación inversa entre número y tamaño de macollos y que caracteriza el mecanismo conocido como compensación tamaño x densidad poblacional de macollos. En este estudio, se observó un coeficiente angular de la relación lineal cercana a -2,5, condición correspondiente al segmento 2 del diagrama multifásico de Sackville Hamilton et al. (1995) que corresponde con una autocompensación a una tasa de -5/2 con IAF y R variable. Esta situación fue diferente únicamente en el año de evaluación 1 con la dosis 100 kg N.ha⁻¹ donde la pendiente registrada fue cercana a -3/2. En el año de evaluación 2 una parcela no logró compensar la reducción en tamaño de sus macollos con el incremento en densidad poblacional. Se registró un mayor efecto de variación originado por el IAF en comparación con el efecto causado por variaciones en la forma de los macollos (R), indicando una importancia relativa mayor de la área foliar sobre la forma del macollo sobre el LAI. A su vez el valor de R se incrementó con las mayores alturas de manejo, indicando que los macollos crecen produciendo proporcionalmente mas hojas que tallo. La correlación entre acumulación neta de forraje junto con IAF y la distancia fue positiva (p<0,0001), reafirmando el valor de la distancia a la recta hipotética de pendiente -3/2 como valor predictivo tanto de IAF como principalmente de producción de forraje. *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé presenta gran plasticidad y flexibilidad de manejo caracterizada por la estabilidad de producción de forraje y por su capacidad de realizar ajustes en el tamaño y la densidad poblacional de macollos desde 10 a 24 cm de altura de manejo.

Palabras Clave: *Paspalum notatum*; Densidad; Tamaño; Compensación; IAF

Abstract

Paspalum notatum cv INIA Sepé, a summer perennial forage grass species of high herbage production potential, was subjected to intensities of defoliation aiming at generating information for understanding its adaptation and flexibility to management. The objective of this experiment was to identify the degree of plant adaptation and the stability of forage production under a wide range of defoliation intensities. The experiment was carried out from February 16, 2016 to February 28, 2019 at “Tambores” experimental field (INIA Tacuarembó). The experimental design was completely randomized with a split plot arrangement and two repetitions. In the plots (10 m²), four Nitrogen application doses (0, 100, 200 and 300 kg of Nitrogen.ha⁻¹) were applied, while in the subplots (2.5 m²) four intensities of defoliation represented by four cutting heights maintained in a weekly basis (3, 10, 17 and 24 cm) were applied. To evaluate herbage production and plant responses, only the plots corresponding to the doses 100 and 300 kg of Nitrogen.ha⁻¹.year⁻¹ were used. Evaluation periods correspond to year 1 for the date 15/03/2017 and year 2 for the date 13/02/2019. Evaluations of herbage mass, botanical and morphological composition, nutritional value and morphogenesis were carried out. Other response variables were Leaf Area Index (LAI), Nitrogen Nutrition Index (NNI), tiller population density (TPD), tiller weight (TW), leaf area per tiller and leaf area/volume ratio per tiller (R). Regressions between TPD and TW, LAI and TPD (Ca), R and TPD (Cr), as well as correlations between IAF, net herbage accumulation and the distance to a hypothetical -3/2 line -3/2 were calculated. Greater management heights resulted in greater LAI and greater herbage mass. In general, sward morphological composition was relatively stable. The 300 kg N.ha⁻¹ dose resulted in greater LAI and greater herbage mass. Taller management heights resulted in pastures with smaller population density of large tillers, with larger individual leaf area per tiller. These results clearly indicate an inverse relationship between number and size of tillers, characterizing the mechanism known as tiller size x density compensation. A slope close to -2.5 for the linear regression between log(TPD) x log(TW) was observed in this study, a condition that corresponds to fase 2 in the multiphase diagram proposed by Sackville Hamilton et al. (1995). It corresponds to a self-compensation at a rate of -5/2 with variable LAI and R for different management heights. This situation was different only in year 1 for the 100 kg N.ha⁻¹ dose, where the recorded slope was close to -3/2. In year 2 (third year of experiment), a subplot could not compensate the reduction in tiller size with increased tiller population density. Variations in LAI were greater than the corresponding variations in R, indicating greater importance of leaf area relative to plant tiller shape in adjusting sward LAI. R values were greater for taller management heights, indicating that tillers increase in size proportionately accumulation more leaf than stem material. Net herbage accumulation was positively correlated ($p < 0.0001$) with LAI and the distance of the pair log(TPD) x log (TW) to a hypothetical -3/2 line, reassuring the value of the last as a predictor of both LAI and herbage accumulation. *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé shows large plasticity and flexibility to management characterized by the stability of herbage production and its ability to adjust tiller size and population within the range of 10 to 24 cm of management height.

Keywords: *Paspalum notatum*; Tiller density; Tiller size; LAI

3.1 Introducción

En Uruguay un objetivo común entre productores y la sociedad en su conjunto es el incremento sustentable de la productividad agropecuaria, quienes entienden este aspecto como uno de los principales mecanismos de mejora de la sostenibilidad económica, social y ambiental de los sistemas productivos y del país. La ganadería extensiva, ocupa el 64% del país (MGAP, 2011) siendo las pasturas naturales la principal fuente de alimentación para el ganado. Esta base forrajera es altamente dependiente de las condiciones climáticas, que en muchos años representa restricciones de productividad y competitividad. La curva de producción media de campos naturales presenta valores mínimos de producción en los meses invernales debido a la menor radiación y temperatura, siendo máximos en primavera y teniendo mayor variabilidad en los meses estivales, donde la variación en las precipitaciones y la reducida capacidad de acumular agua en el suelo determinan una baja estabilidad en la producción (Mas, 2007). En este contexto se entiende oportuno explorar soluciones estivales que sean capaces de incrementar la productividad y bajar la variabilidad entre años y dentro de la estación de crecimiento. A estos efectos se consideró importante explorar opciones forrajeras nativas tales como *Paspalum notatum* (Bahagrass) el cual es una gramínea perenne estival, de tipo C₄, nativa y una de las especies más frecuentes en los campos naturales de Uruguay, destacada por su elevada estabilidad y longevidad de la población de plantas en comunidades (Hirata, 2004) . Si bien la especie es originaria de esta región en Uruguay y en América del Sur son escasos los trabajos que evalúen su crecimiento, persistencia, manejo del pastoreo y producción animal. A su vez es conocido el impacto del pastoreo sobre las comunidades vegetales en cuanto a la cantidad de fotosíntesis que permite realizar como consecuencia de la remoción de tejidos, pero además la modificación que realiza en el ambiente luminoso lo cual determina los padrones de competencia y las correspondientes respuestas morfogénicas de cada individuo, las que finalmente determinan el potencial de crecimiento y la estructura de la pastura (Gastal & Lemaire, 2015) Los cambios compensatorios entre densidad y tamaño de individuos (macollos en gramíneas y tallos en leguminosas) en pasturas bajo pastoreo, constituyen un mecanismo para amortiguar el efecto de las variaciones en el índice de área foliar (IAF) generadas por la defoliación (Chapman & Lemaire, 1996), permitiendo que la producción de forraje sea relativamente estable bajo un rango de regímenes de defoliación, siendo así una potente herramienta para evaluar la adaptación y resistencia de una planta al pastoreo. A los efectos de contribuir al desarrollo de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé, una especie forrajera perenne estival de alta productividad y a los efectos de obtener indicadores que permitan establecer

manejos óptimos del pastoreo, se consideró someter esta gramínea a diferentes intensidades de defoliación para evaluar su plasticidad de uso y estabilidad de la producción de forraje, utilizando como herramienta el mecanismo de compensación tamaño x densidad de macollos. La relación de compensación de tamaño y densidad de macollos, propuesta originalmente por Yoda et al. (1963), considera una relación de cambios compensatorios entre tamaño y densidad de macollos en escala logarítmica de $-3/2$. Estudios posteriores han propuesto que esta relación ocurre con una pendiente de $-5/2$ en la medida que puede haber diferencias entre valores de IAF (Índice de Área Foliar) y R (relación entre Área Foliar:Volúmen) con cambios en la altura de manejo de la pastura (Matthew et al., 1995). Como hipótesis se plantea que el cultivar INIA Sepé de *Paspalum notatum* es capaz de ajustar el IAF en un rango considerable de intensidades de defoliación a través del proceso de compensación tamaño densidad de macollos como consecuencia de una elevada estabilidad de la población de macollos, presentando como consecuencia elevada flexibilidad y potencial de uso en pasturas. El objetivo planteado es identificar las relaciones de compensación tamaño x densidad de macollos bajo cortes semanales en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a los efectos de conocer sus límites de plasticidad e indicadores de la pastura que permitan desarrollar un adecuado manejo del pastoreo.

3.2 Materiales y métodos

El experimento fue realizado desde el 16 de febrero de 2016 hasta el 28 de febrero de 2019 en el Campo Experimental Tambores, dependiente de INIA Tacuarembó, en el establecimiento San Bentos, propiedad de la Familia Aguiñarena ubicado en la localidad de Tambores en el Departamento de Tacuarembó. Las coordenadas aproximadas del sitio son Latitud $31^{\circ}54'41,15''$ S y Longitud $56^{\circ}13'39,35''$ O y una Altitud de 253 metros.

El clima de la región de Uruguay según la clasificación de Köppen es del tipo Cfa, con temperatura promedio de $18,5^{\circ}\text{C}$ y precipitaciones medias anuales de 1294 mm (Abal & Angelo, 2010). A los efectos de mantener un adecuado nivel de agua en el suelo, fue utilizado durante todo el periodo del experimento riego por aspersión aplicado según balance hídrico realizado de forma diaria, el cual fue realizado considerando los datos de física de suelo del lugar tales como Capacidad de retención de agua (80 mm), Velocidad de infiltración, profundidad efectiva de exploración radicular (40 cm) y variables climáticas diarias como Evapotranspiración potencial y Precipitaciones diarias así como los riegos aplicados. Los datos

climáticos fueron colectados con una estación meteorológica Davies Pro 2 Plus (Davis, 2019) ubicada dentro del sitio experimental a 30 metros del experimento (Figuras 1, 2, 3 y 4).

El balance hídrico fue completado de forma diaria de lunes a viernes y los riegos fueron realizados en dosis de entre 10 y 30 mm a los efectos de no permitir agotamientos por debajo del 50% de agua disponible en el suelo y que tampoco generasen pérdidas por escurrimiento superficial.

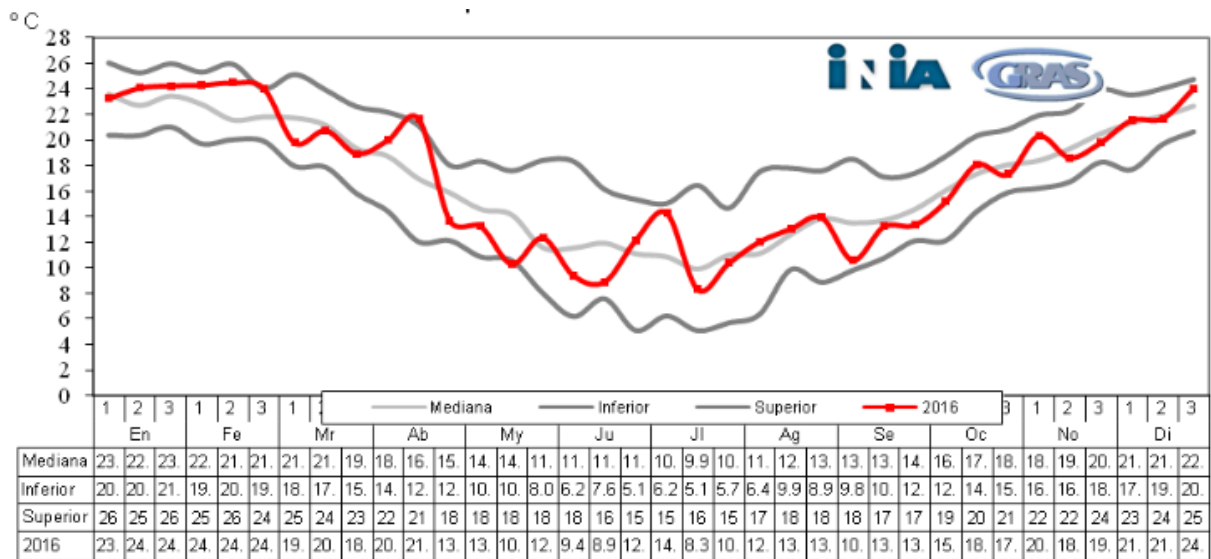


Figura 1 - Evolución de temperatura media decádica del año 2016 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

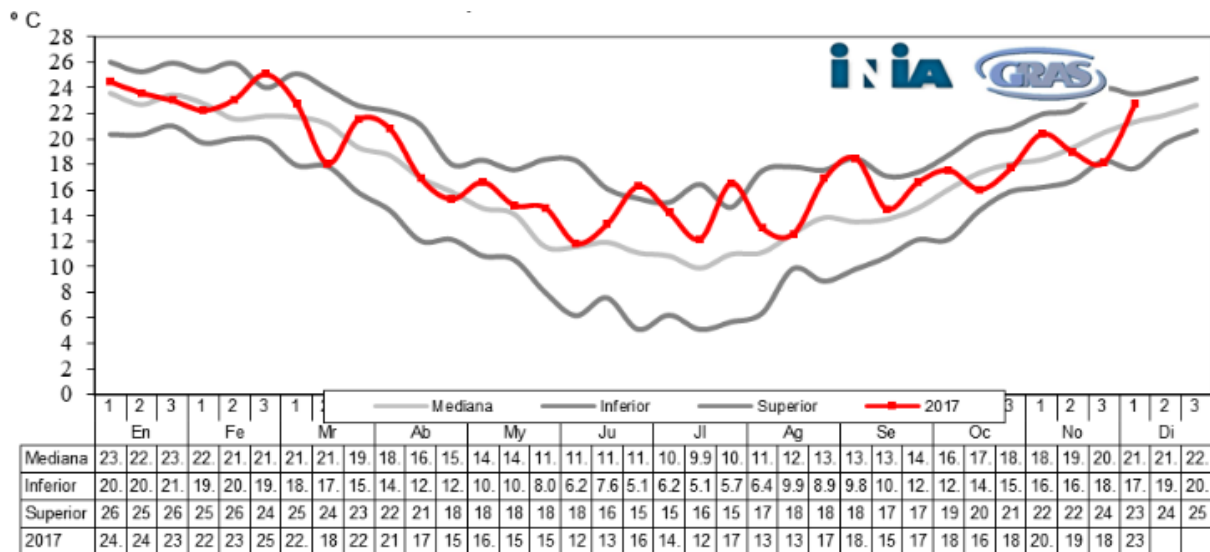


Figura 2 - Evolución de temperatura media decádica del año 2017 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

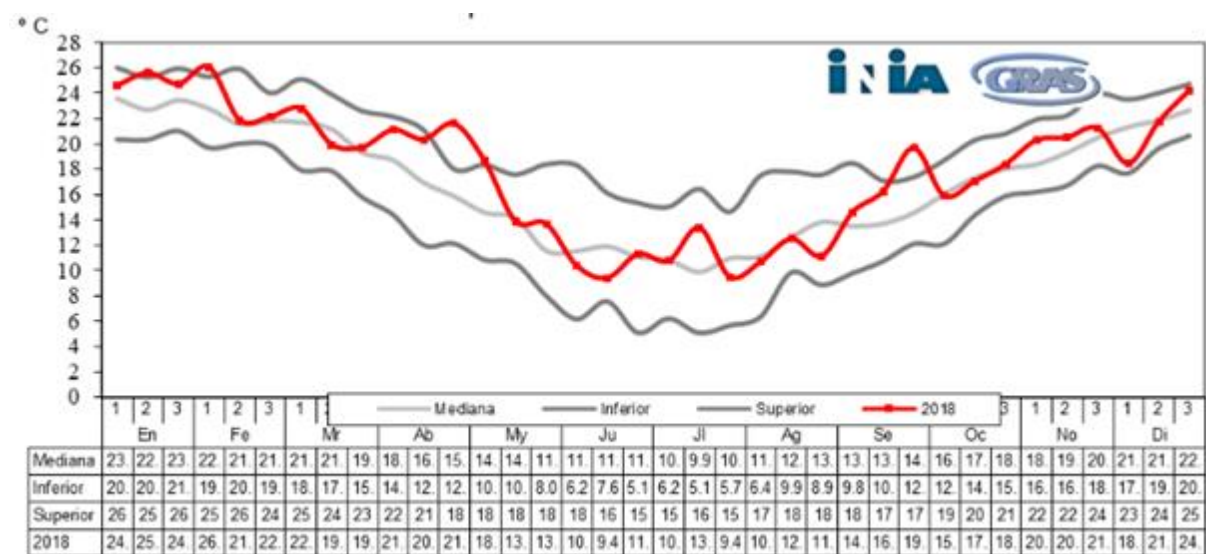


Figura 3 - Evolución de Temperatura media decádica del año 2018 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

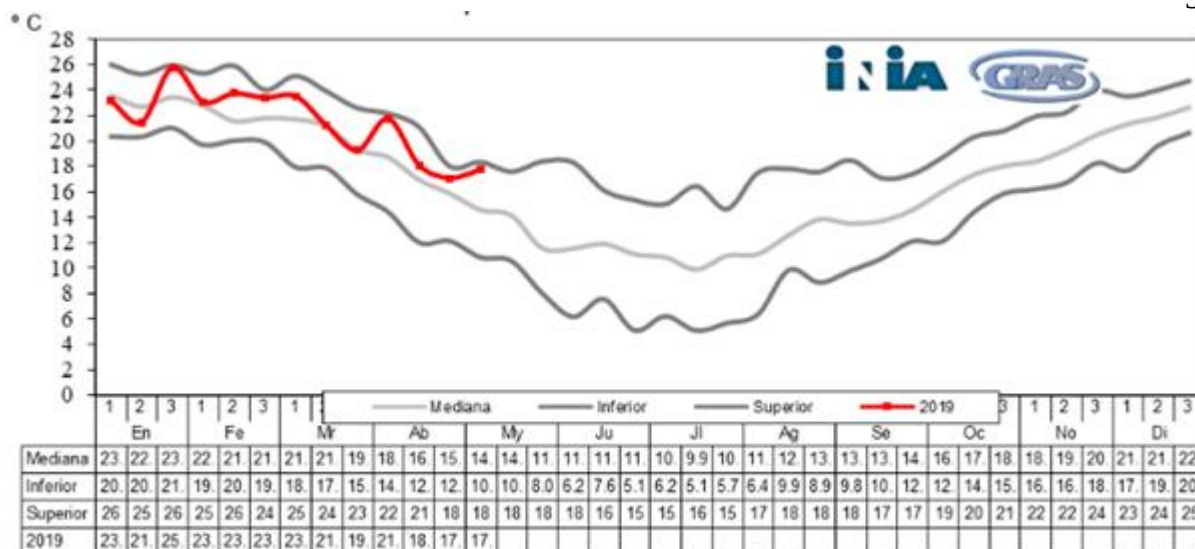


Figura 4 - Evolución de temperatura media decadal desde el 1 de enero hasta el 15 de mayo de 2019 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

El área experimental fue sembrada en diciembre de 2014, de forma manual en líneas a 17 cm de distancia en un suelo levemente laboreado con Rotovador Hortícola Kubota. El suelo del sitio experimental es un Vertisol Eútrico Típico, con un contenido de Arcilla de 39%, Arena 31% y Limo de 30%. Las características químicas fueran las observadas en la Tabla 1.

Tabla 1 - Resultado de análisis químico del suelo utilizado en el experimento I

Profundidad	C Orgánico	pH	N-NO ₃	P (Ac Cítrico)	K	S-SO ₄	Ca	Mg	Zn	B
cm	%	(H ₂ O)	µg N/g	µg P/g	meq/ 100g	µg S/g	meq/ 100g	meq/ 100g	mg/kg	mg/kg
0-7,5	5,41	5,9	6,1	10,5	0,44	12,2	19,8	8,9	2,06	1,57
7,5-15	3,88	6,0	4,5	3,4	0,39	9,0	20,7	9,3	1,09	0,63

Fuente: Laboratorio de Análisis de INIA La Estanzuela.

En noviembre de los años 2014 y 2018 a los efectos de impedir deficiencias de fósforo, potasio y azufre fueron aplicados 100 unidades de P₂O₅ como Superfosfato triple, 70 unidades de K₂O como Cloruro de Potasio y 50 unidades de S elemental mediante la aplicación del producto comercial Brimstone 90.

El diseño experimental fue completamente aleatorio con un arreglo en parcelas subdivididas con dos repeticiones. En la parcela mayor (10 m²) fue aplicado el tratamiento Nitrógeno como Urea granulada (46-0-0) en 4 dosis 0, 100, 200 y 300 kg de Nitrógeno.ha⁻¹.año⁻¹ divididas en dos aplicaciones, una al comienzo de la estación de crecimiento durante el mes de Octubre y la segunda a comienzos del mes de Diciembre (tratamientos que fueron

denominados 0, 50, 100 y 150, respectivamente). En la parcela menor (2,5 m²) fue aplicado el tratamiento altura de corte (3, 10, 17 y 24 cm), los cuales fueron mantenidos mediante un corte semanal durante la estación de crecimiento, con una pastera marca Honda modelo HRX 217. En octubre del año 2017 se procedió a rastrillar cada parcela a los efectos de retirar el material muerto existente en el área. Para las evaluaciones finalmente fueron utilizadas solamente las parcelas correspondientes a las dosis 100 y 300 kg de Nitrógeno.ha⁻¹.año⁻¹. Los periodos de evaluación fueron identificados como año 1 para la fecha 15/03/2017, la cual ocurrió 13 meses después de instalados los tratamientos, y como año 2 la fecha 13/02/2019, realizada 36 meses después de comenzado el experimento.

Masa de forraje, Composición Botánica y Morfológica y Valor Nutritivo

La evaluación de masa de forraje, composición botánica y morfológica y valor nutritivo fue realizada mediante la extracción de tres muestras por unidad experimental cortadas al ras del suelo con tijera eléctrica alimentada con batería interna y un cuadro rectangular de acero de 35 x 70 cm. Las muestras una vez extraídas fueron acondicionadas en bolsas de plástico, adicionando agua destilada con rociador y llevadas a una cámara de frío hasta su procesamiento. Este procedimiento fue realizado a los efectos de minimizar los procesos de respiración y transpiración. Todo el material fue llevado al laboratorio y almacenado en cámara de frío para su posterior procesamiento. Se realizó el peso fresco de toda la muestra. Luego fueron separadas submuestras para análisis botánico. El material restante fue pesado en fresco, posteriormente fue llevado a estufa para ser secado por 48 horas a 65°C, finalmente se pesó y así fueron obtenidos el porcentaje de materia seca total y la cantidad de masa de forraje al relacionar el porcentaje con el peso fresco total de la muestra. Para determinar composición botánica y morfológica a partir de las muestras, se seleccionaron submuestras, las cuales fueron pesadas en su forma fresca y luego separadas manualmente en las fracciones malezas, material muerto, *Paspalum notatum* (hoja, tallo e inflorescencia). Cada fracción fue enviada a estufa para ser secada por 72 horas a 60°C y luego pesadas, obteniéndose así el porcentaje de materia seca de cada una de las fracciones y la cantidad total de materia seca de cada fracción en la submuestra y posteriormente relacionada en la muestra total. Finalmente, las muestras fueron molidas y posteriormente analizadas con el equipo NIR PERTEN DA 7250 (Perten, USA) a los efectos de obtener el porcentaje de nitrógeno del material verde (hojas verdes y tallos) para finalmente calcular el Índice de Nutrición Nitrogenada (INN) mediante el cálculo descripto en la ecuación 1 (Lemaire et al., 2019):

Ecuación 1 - Cálculo de Índice de Nutrición Nitrogenada, según cantidad de Nitrógeno (% en tejidos verdes) y Materia Seca verde Total (ton MS.ha⁻¹).

$$\text{INN} = (\% \text{ N}) / 3,6 * (\text{MS Verde}^{-0,34})$$

Donde INN es el Índice de Nutrición Nitrogenada, % N es el porcentaje de nitrógeno de las partes verdes y MS Verde es la cantidad de materia seca de material verde expresada en toneladas por hectárea y 3,6 junto a -0,34 son coeficientes propuestos para especies tropicales (Duru et al., 1997).

La masa de forraje total y de cada una de las fracciones expresada como kg de MS.ha⁻¹ fue estimada a partir de la relación de peso total y de cada fracción con el área del rectángulo utilizado para la extracción de las muestras.

Densidad poblacional y Tamaño de macollos

Para medir densidad poblacional de macollos fueron realizados tres conteos por unidad experimental, mediante la observación en cuadros de 20 x 70 cm. En cada cuadro fue contada la cantidad de macollos y luego se relacionó el número en relación con el área donde fue medida obteniéndose la densidad poblacional, la cual fue expresada como número de macollos.m⁻².

Para caracterizar el tamaño de macollos se evaluó materia seca de hojas verdes, hojas muertas y tallo por macollo para lo cual se colectaron 3 muestras de 20 macollos de cada unidad experimental. La colecta de estos fue realizada con tijera y al ras del suelo. Estos 20 macollos fueron pesados en fresco y se calculó la cantidad de materia fresca media por macollo. Después de pesar el material, fueron separados hojas verdes, hojas muertas, tallos y pesadas cada una de las fracciones frescas por separado. Luego fueron colocadas en estufa por 48 horas a 65 °C. Las fracciones hojas verdes, hojas muertas y tallo por macollo fueron calculadas dividiendo el total obtenido de materia seca de cada fracción entre 20. La fracción materia seca por macollo fue calculada sumando el total de materia seca de hojas verdes, hojas muertas y tallos, y luego dividiendo entre 20.

Índice de área foliar (IAF), Área Foliar por macollo, Relación área foliar/volumen por macollo (R) y Distancia a la recta -3/2

El Área foliar promedio por macollo ($\text{cm}^2 \cdot \text{macollo}^{-1}$) fue obtenida a partir de las hojas separadas de las 3 muestras de 20 macollos antes de ser enviadas a estufa, las cuales fueron medidas con un integrador de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100. La sumatoria del área de las hojas evaluadas por muestra fue dividida entre 20 y así se obtuvo el número final de cm^2 de hoja.macollo⁻¹. El índice de área foliar se calculó a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 2 - Calculo de IAF a partir de valores de Af (Área foliar/Macollo) y DM (Densidad de macollos) en macollos.m⁻².

$$\text{IAF} = \text{DM} * \text{Af}$$

Donde:

DM = número de macollos por m² y Af = área foliar promedio por macollo (m²).

La relación área foliar/volumen de los macollos fue calculada a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 3 - Calculo de R a partir de valores de Af (Área foliar.macollo) elevado a 3/2 y Volumen de macollos (m³)

$$R = (\text{Af})^{3/2} / V$$

Donde:

Af = área foliar media por macollo (m²), y V = volumen medio por macollo (m³) despejado desde una densidad aparente constante de 950 kg.m⁻³ (Sbrissia, 2004).

Los pares de datos entre masa y densidad poblacional de macollos fueron utilizados para generar ecuaciones de regresión lineales en la escala logarítmica y la distancia de esos puntos a una recta hipotética de inclinación -3/2 fue calculada.

Morfogénesis

A los efectos de evaluar el flujo de tejidos (crecimiento y senescencia) en cada tratamiento fueron marcados 15 macollos en cada unidad experimental, totalizando 240 macollos. Estos fueron identificados con anillos de plástico de color blanco y al lado de cada uno fue colocada una paleta plástica con su identificación. Las evaluaciones fueron realizadas

únicamente en el año 2 de evaluación en las siguientes fechas 13/02/2019; 20/02/2019; 27/02/2019 y 05/03/2019, donde en cada macollo se numeraron las hojas y midió el largo total extendido de cada lamina foliar desde la punta hasta la lígula en hojas expandidas y desde la punta hasta la lígula de la última hoja expandida en caso de las láminas en expansión. Las hojas también fueron clasificadas como en expansión (sin lígula visible), expandida (con lígula visible o crecimiento detenido) y desfoliada (con partes cortadas).

Fueron calculadas las tasas de expansión y senescencia foliar ($\text{cm.macollo}^{-1}.\text{día}^{-1}$). A los efectos de convertir cm.macollo^{-1} en kg MS.ha^{-1} fueron medidos los macollos muestreados para las determinaciones de tamaño de macollos y así generado para cada tratamiento un factor de conversión (mg.mm^{-1}), luego de obtener la tasa de crecimiento en miligramos la misma fue transformada en kilogramos y referida a área mediante la multiplicación por la densidad de macollos obtenida según sección **Densidad poblacional y Tamaño de macollos**.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados según el momento de determinación de las variables, en marzo de 2017 (año 1) y en febrero de 2019 (año 2). Fueron testeadas las prerrogativas básicas del análisis de varianza, normalidad de los datos y homogeneidad de varianza, y fue asumido adicatividad del modelo e independencia de los errores. Cuando fue necesario los datos fueran transformados antes del análisis de varianza. Esta fue realizada con el paquete del software Infostat (Balzarini et al., 2008) y las diferencias fueran declaradas significativas cuando $P < 0,05$. La comparación de medias fue realizada a través del test de Tukey ($P < 0,05$). Adicionalmente, fueron realizadas correlaciones de Pearson entre las variables IAF, Distancia a la recta de $-3/2$ y Crecimiento.

En el caso de las regresiones lineales simples realizadas en los gráficos de compensación tamaño x densidad poblacional de macollos fue utilizado el software PAST®, el cual permite calcular los coeficientes angulares de las regresiones por el método RMA (Reduced Major Axis) el cual es recomendado en situaciones donde podría existir error experimental en ambos ejes (Matthew et al., 1995).

3.3 Resultados

3.3.1 Características estructurales de la pastura

La masa de forraje varió con la dosis de nitrógeno, con el año de evaluación, con la altura de manejo y con la interacción año de evaluación x altura de manejo ($P < 0,05$). Mayores

valores de masa de forraje fueran registrados para la dosis de 150 relativamente a la dosis 50 kg N.ha⁻¹ (6000 y 4390 $\pm$ 295 kg MS.ha⁻¹, respectivamente). De forma general, mayores valores de masa de forraje fueron registrados con las mayores alturas de manejo, siendo que en el año 2 los valores para los tratamientos 10 y 24 cm fueron menores que en el año 1 (Tabla 2).

Tabla 2 - Masa de forraje de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido en alturas contrastantes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Año	Altura (cm)								Media	E.E.
	3		10		17		24			
	(kg MS.ha ⁻¹)									
1	1500	Ac	5460	Ab	6620	Ab	10150	Aa	5930 A	485
2	1320	Ac	4120	Bb	5690	Aab	6650	Ba	4450 B	522
Media	1410	c	4790	b	6150	b	8400	a		
E.E.	136		295		456		839			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El porcentaje de hojas de *Paspalum* varió ($p < 0,05$) con el año de evaluación y con las dosis de nitrógeno, siendo mayor en el año 2 en comparación al año 1 (50,0 y 27,5 $\pm$ 1,10%, respectivamente), por otra parte fue registrado un mayor valor con la dosis de nitrógeno 50 frente a la dosis 150 kg N.ha⁻¹ (40,5 y 37,0 $\pm$ 1,10%, respectivamente).

El porcentaje de tallos de *Paspalum* varió ($p < 0,05$) con la altura de manejo, el año de evaluación, con las dosis de nitrógeno y con la interacción año de evaluación x altura de manejo, siendo registrado un mayor valor con la dosis de nitrógeno 150 frente a la dosis 50 kg N.ha⁻¹ (27,1 y 17,9 $\pm$ 1,52%, respectivamente). En el año 1, no hubo diferencia entre alturas de manejo, pero en el año 2 el tratamiento de 3 cm presento menor porcentaje de tallos que los tratamientos 10, 17 y 24 cm (Tabla 3).

Tabla 3 - Porcentaje de tallos en la masa de forraje de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido en alturas contrastantes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Año	Altura (cm)								Media	E.E.
	3		10		17		24			
	(%)									
1	20,0	Aa	14,3	Ba	19,3	Ba	19,5	Ba	18,0	B
2	7,3	Ab	30,8	Aa	33,3	Aa	35,3	Aa	26,6	A
Media	13,6	b	22,5	A	26,3	a	27,4	a		
EE	3,84		2,41		2,22		3,37			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El porcentaje de inflorescencias durante el experimento fue extremadamente bajo, no superando (salvo una ocasión) el 1% del total de la masa de forraje. De forma análoga, el porcentaje de malezas en la masa de forraje también fue reducido (inferior a 5%) y varió con el año de evaluación siendo mayor en el año 2 frente al año 1 ($4,0$ y $0,7 \pm 0,81\%$, respectivamente).

El porcentaje de material muerto varió ($p < 0,05$) con la altura de manejo, año de evaluación y con la interacción altura de manejo x año de evaluación. En el año 1 el porcentaje de material muerto aumento con las mayores alturas de manejo, pero durante el año 2 lo mayor valor fue registrado para o tratamiento 3 cm relativamente a los demás (Tabla 4). De forma general, los valores de porcentaje de material muerto fueron menores en el año 2 en comparación con el año 1.

Tabla 4 - Porcentaje de material muerto en la masa de forraje de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido en alturas contrastantes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Manteniendo en alturas contrastantes de marjeo entre marzo de 2017 y febrero de 2019											
Año	Altura (cm)								Media	E.E.	
	3		10		17		24				
	(%)										
1	46,0	Ab	55,3	Aab	56,5	Aa	48,8	Aab	51,6	A	2,27
2	38,0	Aa	15,5	Bb	13,3	Bb	8,5	Bb	18,8	B	2,75
Media	42,0	a	35,4	ab	34,9	Ab	28,6	ab			
EE	4,11		1,36		2,27		1,26				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El Índice de Área Foliar (IAF) varió ($p < 0,05$) con la dosis de nitrógeno, altura de manejo y con la interacción año de evaluación x altura de manejo. Mayores valores fueran registrados para la dosis 150 en comparación con 50 kg N.ha^{-1} ($2,61$ y $2,19 \pm 0,098$, respectivamente). De forma general mayores valores fueran registrados con mayores alturas de manejo, siendo que hubo diferencia en IAF para la misma altura de manejo solamente para el tratamiento 10 cm, con mayor valor registrado en el año 1 en comparación con el año 2 (Tabla 5).

Tabla 5 - Índice de Área Foliar (IAF) de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido en alturas contrastantes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Contrastes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2018											
Año	Altura (cm)								Media	E.E.	
	3		10		17		24				
1	1,60	Ab	2,90	Aa	2,45	Aab	3,23	Aa	2,54	A	0,195
2	0,88	Ac	1,80	Bb	2,80	Aa	3,53	Aa	2,25	A	0,185
Media	1,24	c	2,35	b	2,63	b	3,38	a			

EE	0,172	0,177	0,236	0,168
----	-------	-------	-------	-------

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El Índice de nutrición nitrogenada varió ($p < 0,05$) con la altura de manejo, dosis de nitrógeno y año de evaluación. Hubo diferencia entre los tratamientos 3 y 24 cm, con valores intermedios (y semejantes) para los tratamientos 10 e 17 cm (0,67, 0,76, 0,81 y 0,90 $\pm$ 0,033 para los tratamientos 3, 10, 17 y 24 cm, respectivamente). Con relación a las dosis de nitrógeno, mayores valores fueron registrados para la dosis 150 en comparación con 50 kg N.ha⁻¹ (0,90 y 0,70 $\pm$ 0,033, respectivamente). Con relación al año de evaluación, mayores valores fueron registrados durante el año 2 relativamente al año 1 (0,91 y 0,66 $\pm$ 0,032, respectivamente).

3.3.2 Densidad poblacional y características individuales de los macollos

La densidad poblacional de macollos varió ($p < 0,05$) con el año de evaluación, la altura de manejo y la interacción dosis de nitrógeno x altura de manejo x año de evaluación. De forma general, mayores densidades fueron registradas para las menores alturas de manejo, excepto en el año 2 para la dosis de 50 kg N.ha⁻¹, para a cual no hubo diferencia entre alturas de manejo (Tabla 6).

Tabla 6 - Densidad poblacional de macollos de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido en alturas contrastantes de manejo y fertilizado con dos dosis de nitrógeno entre marzo de 2017 y febrero de 2019

FEBRERO de 2019												
Nitrógeno			Altura (cm)						Media		E.E.	
(kg.ha ⁻¹)	3	10	17		24							
(macollos.m ⁻²)												
Año 1:												
50	2848	Aa	1694	Aab	1181	Ab	946	Ab	1668	A	225	
150	2350	Aa	1939	Aa	1357	Ab	1327	Ab	1743	A	78	
Media	2599	a	1817	b	1269	c	1137	c				
EE	269		133		97							
Año 2:												
50	1635	Aa	1123	Aa	1032	Aa	848	Aa	1159	A	149	
150	2011	Aa	1095	Ab	1071	Ab	899	Ab	1269	A	72	
Media	1823	a	1097	b	1064	b	873	b				
EE	220		54		52		26					

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El tamaño de los macollos varió ($p < 0,05$) con la dosis de nitrógeno, año de evaluación, altura de manejo, interacción año de evaluación x dosis de nitrógeno e interacción año de evaluación x altura de manejo. Los macollos fueron mayores para el tratamiento 150 kg N.ha⁻¹ en el año 2 de evaluación (Tabla 7). De forma general, mayores valores fueron registrados con las mayores alturas de manejo, siendo que diferencia de masa para la misma altura fue registrada solamente para el tratamiento 24 cm, que presentó mayor valor en el año 2 en comparación con el año 1 (Tabla 8).

Tabla 7 - Tamaño de los macollos de *Paspalum notatum* INIA Sepé fertilizado con dos dosis de nitrógeno entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Año	Nitrógeno (kg.ha ⁻¹)				Media	E.E.	
	50	150					
	(g.macollo ⁻¹)						
1	0,25	Aa	0,26	Ba	0,26	B	0,016
2	0,27	Ab	0,36	Aa	0,31	A	0,016
Media	0,26	b	0,31	a			
EE	0,021		0,008				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

Tabla 8 - Tamaño de los macollos de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido en alturas contrastantes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Contrastes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2018											
Año	Altura (cm)								Media	E.E.	
	3		10		17		24				
	(g.macollo ⁻¹)										
1	0,08	Ac	0,21	Ab	0,33	Aa	0,41	Ba	0,26	B	0,022
2	0,06	Ac	0,26	Ab	0,36	Ab	0,58	Aa	0,31	A	0,023
Media	0,07	d	0,24	c	0,34	b	0,49	a			
EE	0,013		0,015		0,032		0,033				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El área foliar por macollo varió ($p < 0,05$) con el año de evaluación, la altura de manejo y la interacción año de evaluación x altura de manejo. Normalmente, mayores valores fueran registrados para las mayores alturas de manejo, pero hubo diferencia entre años para la misma altura de manejo para los tratamientos 3 y 24 cm, con valores menores y mayores en el año 2 para los tratamientos 3 y 24 cm, respectivamente (Tabla 9).

Tabla 9 - Área foliar por macollo de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido em alturas contrastantes de manejo en marzo de 2017 y febrero de 2019

Contrastes de manejo en marzo de 2017 y febrero de 2018											
Año	Altura (cm)								Media	E.E.	
	3	10	17	24							
	(cm²)										
1	5,9	Ac	15,9	Ab	18,9	Ab	27,9	Ba	17,2	B	0,77
2	4,4	Bd	16,4	Ac	26,3	Ab	40,4	Aa	21,9	A	1,55
Media	5,3	d	16,3	c	22,6	b	34,0	a			
EE	0.25		0.75		2.02		1.15				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

La relación Área Foliar:Volumen de los macollos (R) varió ($p < 0,05$) con la altura de manejo, año de evaluación y la interacción altura de manejo x año de evaluación. De forma general, mayores valores fueron registrados con las mayores alturas de manejo, siendo que en el año 2 o valor registrado para el tratamiento 17 cm fue mayor en comparación con el año 1 (Tabla 10).

Tabla 10 - Relación Área foliar:Volumen de macollos de *Paspalum notatum* INIA Sepé mantenido em alturas contrastantes de manejo entre marzo de 2017 y febrero de 2019

Año	Altura (cm)								Media	E.E.
	3		10		17		24			
1	18,5	Ac	28,2	Aab	24,0	Bbc	35,0	Aa	26,4	B 1,85
2	14,7	Ac	25,0	Ab	35,7	Aa	42,7	Aa	29,6	A 1,92
Media	16,6	c	26,6	b	29,9	b	38,9	a		
EE	2,72		1,19		1,21		1,98			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

3.3.3 Relaciones tamaño y densidad poblacional de macollos, correcciones por IAF y R, distancias a la recta de $-3/2$, correlaciones entre las distancias con IAF y crecimiento.

Las regresiones entre logaritmo de tamaño y logaritmo de densidad poblacional de macollos generaron pendientes próximas a los $-5/2$ a excepción del año 1 con la dosis 50 kg N.ha⁻¹ la cual fue próxima a $-3/2$. En todos los casos se encontraron valores próximos entre la regresión calculada entre logaritmos y la predicha utilizando los valores de las correcciones por IAF y R (Ca y Cr) propuestas por Matthew et al. (1995).

Tabla 11 - Parámetros de regresión entre Logaritmo de Tamaño y Logaritmo de Densidad poblacional de macollos, Ca, Cr e inclinación predicha de la recta según dosis de nitrógeno y año de evaluación

Parámetros	Regresión	Ca	Cr	Pendiente Predicha
50 kg N.ha ⁻¹ - Año 1				
Intercepto	6,97 (0,62)			
Pendiente	-1,54 (0,2)	-0,85	0,7	-1,65
R ²	0,90			
p	0,00022			
150 kg N.ha ⁻¹ - Año 1				
Intercepto	10,68 (1,64)			
Pendiente	-2,68 (0,51)	-2,33	1,43	-2,40
R ²	0,78			
p	0,002			
50 kg N.ha ⁻¹ - Año 2				
Intercepto	10,14 (0,85)			
Pendiente	-2,62 (0,28)	-2,77	1,74	-2,53
R ²	0,94			
p	0,0002			
150 kg N.ha ⁻¹ - Año 2				
Intercepto	10,32 (1,13)			
Pendiente	-2,65 (0,37)	-2,59	1,48	-2,61
R ²	0,89			
p	0,0003			

La distancia a la recta de -3/2 varió ($p < 0,05$) con la dosis de nitrógeno, año de evaluación y con la altura de manejo. Fueron registrados mayores valores para la dosis 150 en comparación con 50 kg N.ha⁻¹ (0,47 y $0,42 \pm 0,01$, respectivamente), en el año 1 respecto al año 2 (0,51 y $0,39 \pm 0,01$, respectivamente) y menor en el tratamiento 3 cm (0,36, 0,46, 0,47 y $0,50 \pm 0,02$ para los tratamientos 3, 10, 17 y 24 cm, respectivamente).

Fue identificado un punto donde no actuó la compensación entre tamaño y densidad poblacional de macollos, evidenciado por el alejamiento a las rectas de regresión, situación registrada en una unidad experimental manejada con dosis de 50 kg N.ha⁻¹ y 3 cm de altura de corte en el año 2 de evaluación (Figura 5).

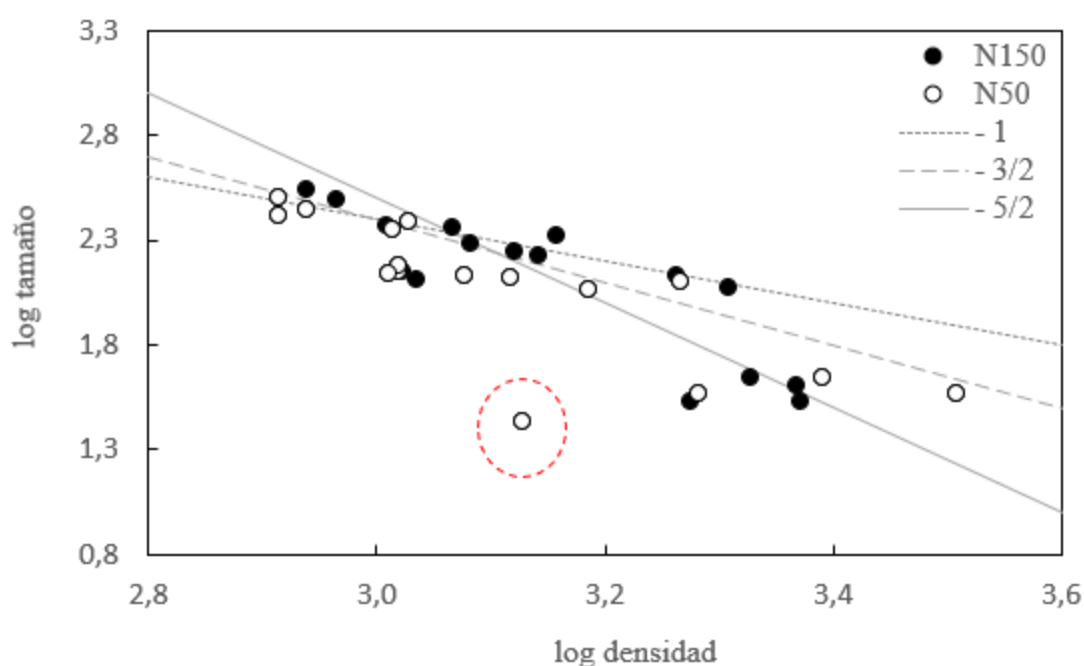


Figura 2 - Regresión entre Logaritmo de Tamaño de macollos y Logaritmo de Densidad poblacional de macollos de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé.

La acumulación neta de forraje varió ($p < 0,05$) con la dosis de nitrógeno y con la altura de manejo, siendo registrados mayores valores con 150 en comparación con 50 kg N.ha^{-1} ($71,3$ y $57,8 \pm 3,27$ $\text{kg MS.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ respectivamente) y menor con la altura de manejo 3 cm ($33,0$, $70,8$, $75,2$ y $79,0 \pm 4,62$ para los tratamientos 3, 10, 17 y 24 cm, respectivamente).

Existió correlación positiva entre IAF y Distancia a la recta de $-3/2$ en los dos años de evaluación, así como también entre Distancia a la recta de $-3/2$ y acumulación neta de forraje en el año 2 (Tabla 12).

Tabla 12 - Valores de coeficiente de correlación de Pearson entre IAF y Distancia a la recta de $-3/2$ en el año 1 y entre IAF, Distancia y Acumulación neta de forraje para el año 2

Variable (1)	Variable (2)	Pearson	p-valor
Año 1:			
IAF	Distancia	0,83	0,0001
Año 2:			
IAF	Distancia	0,90	0,0001
IAF	Acumulación neta de forraje	0,93	0,0001
Distancia	Acumulación neta de forraje	0,88	0,0001

3.4 Discusión

La estructura de la pastura es característica central en la determinación de las respuestas de plantas y animales (Hodgson, 1985), siendo el IAF la principal característica estructural de la pastura (Chapman & Lemaire, 1993) una vez que es la responsable por la interceptación de la radiación incidente y fotosíntesis de las plantas. En el presente estudio la estructura de la pastura representada por las variables masa de forraje y sus componentes morfológicos, tamaño y densidad poblacional de macollos y el IAF fueran afectados por las alturas de manejo y por las dosis de Nitrógeno utilizadas.

Mayores alturas de manejo generaron mayor IAF y mayor masa de forraje (Tabla 2), resultado de la mayor oportunidad de acumulación de tejidos originados por una menor severidad en los cortes realizados a mayores alturas. A pesar de una mayor masa de forraje acumulada en los tratamientos de mayor altura de manejo, de forma general la composición morfológica fue relativamente estable caracterizada por una pequeña variación en el porcentaje de hojas, tallos y material muerto, excepto para la altura de manejo 3 cm en el año 2 (Tablas 2, 3 y 4), que resulto en menor porcentaje de tallos comparado a las restantes alturas de manejo. Este hecho es coincidente con la condición de *steady state* generada en experimentos de esta naturaleza en los cuales las plantas son sometidas a regímenes de defoliación con un control estricto de la altura de manejo (Sbrissia, 2004; Sbrissia et al., 2010). Esta característica es un aspecto positivo dada la posible flexibilidad en el manejo del pastoreo que posibilita, ya que la mayor presencia de tallos es asociada a un menor destino de carbohidratos a formar hojas lo cual determina una menor eficiencia fotosintética. Es importante mencionar que en este experimento la realización de cortes con máquina de forma semanal para mantener las alturas de manejo podría haber minimizado las diferencias en porcentaje de tallos entre las alturas de manejo, así como también reducido la presencia de inflorescencias, porcentaje el cual fue en general muy bajo y únicamente diferente en la altura 3 cm el año de evaluación 1 en las restantes situaciones el porcentaje de inflorescencias no supero el 1% del total de la masa de forraje. El hecho de mantener una altísima frecuencia de defoliación posibilito una decapitación muy importante de macollos reproductivos antes de la visualización de las inflorescencias lo que resulto en un bajo porcentaje en la masa de forraje. El porcentaje de malezas si bien fue diferente entre años de evaluación se mantuvo en niveles muy bajos, esta reducida presencia de malezas se asocia a la densa cubierta presente de *Paspalum notatum* y a su gran capacidad competitiva. En el año de evaluación 1 el porcentaje de material muerto aumentó con mayores alturas de manejo, situación diferente a la observada en el año de evaluación 2, donde previamente se

procedió al retiro del material muerto acumulado de todo el periodo experimental dada la gran acumulación existente principalmente en las mayores alturas de manejo donde la muerte de macollos posiblemente haya sido mayor. Esta maniobra determinó que, en los tratamientos de 10, 17 y 24 cm la cantidad de material muerto descendiera de forma importante y por lo tanto el porcentaje de este en la masa de forraje fuera reducido. Estas diferencias generadas en alturas intermedias y mayores no fueron registradas en el tratamiento 3 cm posiblemente por la mayor dificultad de retirar el material muerto más cercano a la superficie del terreno. La remoción del material muerto puede haber ocasionado diferencias en la dinámica del Nitrógeno, ya que con la mayor presencia de material muerto es posible un mayor requerimiento de los microorganismos para los procesos de descomposición resultando en menores cantidades disponibles para el crecimiento, estos efectos pudieron observarse en los valores diferenciales de INN, los cuales fueron mayores en el año de evaluación 2 y mayores en las mayores alturas de manejo.

Con relación a las dosis de nitrógeno, la dosis de 150 kg N.ha⁻¹ generó en mayor IAF y mayor masa de forraje, seguramente como consecuencia del crecimiento más acelerado de las plantas que, para las mismas alturas de manejo, resultó en mayor porcentaje de tallos y menor porcentaje de hojas relativamente a la dosis de 50 kg N.ha⁻¹.

Mayores alturas de manejo resultaron en pasturas de menor densidad poblacional de macollos grandes, con mayor área foliar individual relativamente a las menores alturas de manejo (Tablas 6 y 8). La reducción en densidad poblacional fue menor que el incremento en área foliar por macollo, lo que resultó en los mayores valores de masa de forraje e IAF en los pastos manejados con las mayores alturas de corte. Estos resultados indican claramente una relación inversa entre número y tamaño de macollos, padrón descrito para una serie de otras especies forrajeras de clima templado (Hernández Garay et al., 1999; Hernández Garay et al., 1997) y tropical (Santos, 2014; Sbrissia et al., 2001, 2003) y que caracteriza el mecanismo conocido como compensación tamaño x densidad poblacional de macollos. Este mecanismo, en ciertas situaciones permite que el IAF de la pastura sea mantenido relativamente estable dentro de un rango de alturas de manejo por medio de variación en tamaño y número de macollos (Matthew et al., 1995), y puede servir para caracterizar la amplitud de flexibilidad de manejo de una determinada especie. Dentro de la amplitud optima de manejo, reducciones en tamaño (y área foliar) de macollos son compensadas por incrementos en densidad poblacional. A partir del momento en que reducciones en tamaño de macollos (menores alturas de manejo) no son más compensadas por incremento proporcional en densidad poblacional, el IAF es reducido, la acumulación de forraje disminuye y empieza el surgimiento de plantas invasoras.

Esta relación de compensación es caracterizada por una relación lineal entre logaritmo de la masa por macollo y logaritmo de la densidad poblacional de macollos con un coeficiente angular de $-3/2$ (compensación integral) o $-5/2$ (compensación parcial e IAF creciente con la altura de manejo) (Sackville Hamilton et al., 1995). En este estudio, se observó un coeficiente angular de la relación lineal cercana a $-2,5$, condición correspondiente al segmento del diagrama multifásico Sackville Hamilton et al. (1995) que corresponde con una autocompensación a una tasa de $-5/2$ con IAF y R variable (Tablas 5 y 10). Esta situación fue diferente únicamente en el año de evaluación 1 con la dosis 50 kg N.ha^{-1} donde la pendiente registrada fue cercana a $-3/2$. Esta diferencia puede deberse a la limitante en el potencial de producción impuesta por la dosis baja de nitrógeno la cual no permitió la producción de una mayor cantidad de tejidos, principalmente hojas, dada la restricción generada por la competencia con el proceso de descomposición del material muerto presente y la baja dosis aportada en el tratamiento. Este efecto posiblemente determinó un bajo potencial de producción el cual por una deficiencia nutricional no fue capaz de continuar incrementando su IAF a los efectos de poder captar una mayor cantidad de luz, estabilizando el índice de área foliar y compensando el tamaño y la densidad de los macollos a una tasa de $-1,5$. En el año de evaluación 2 (tercero de experimento) una parcela no logró compensar la reducción en tamaño de sus macollos con el incremento en densidad poblacional de los mismos hechos evidenciado en la Figura 5 donde claramente se observa la ubicación distante a las diferentes rectas de compensación (tratamiento 3 cm con 50 kg N.ha^{-1}). Por otra parte, el modelo propuesto por Sackville-Hamilton et al. (1995) que prevé una recta con pendiente $-3/2$ cuando la diferencia en IAF y R es cero con la variación en altura de la pastura, considera también el posible efecto de la densidad aparente, aunque ante la dificultad de estimarla y la baja variabilidad en la característica se considera constante en un amplio rango de alturas de manejo. Los ajustes realizados considerando IAF y R denominados Ca y Cr , respectivamente (Matthew et al., 1995), prevén correcciones en los casos donde el IAF es mayor por manejar las pasturas a una mayor altura y por lo tanto la recta debería ser dislocada a una posición con interceptos mayores, para que esto suceda debería ocurrir un aumento teórico en densidad de macollos y esto es lo que expresa la corrección. En el caso de Cr sería el caso de variaciones en la forma de los macollos, para los cuales una variación mayor en la forma que no fuera coincidente con la variación en IAF generaría predicciones mayores que $-3/2$. En los cuatro casos analizados correspondientes a las dos dosis de nitrógeno en cada año de evaluación las rectas predichas mediante el cálculo de Ca y Cr (Tabla 11) son coincidentes con los valores observados mediante la regresión del logaritmo del tamaño de macollos y el logaritmo de la densidad poblacional. Cuando fueron comparados valores de Ca y Cr , se observó un mayor

valor en el caso de Ca indicando un mayor efecto de variación originado por el IAF en comparación con el efecto causado por variaciones en la forma de los macollos y por lo tanto registrado en variaciones en R. A su vez, los valores de R encontrados fueron superiores a los encontrados para *Cynodon* por Sbrissia et al. (2001) e inferiores a los encontrados en *Brachiaria* (Sbrissia & Da Silva, 2008) y Raigrás (Hernández Garay et al., 1999), aunque coincidentes con esta última especie en que el valor se incrementó con las mayores alturas de manejo, lo cual indica que la planta crece produciendo proporcionalmente una mayor cantidad de hojas en comparación con la cantidad de tallos, hecho que diferencia esta especie con la mayoría de las especies tropicales y que posibilita una mayor flexibilidad en el manejo del pastoreo, por otra parte valores menores de R podrían estar asociados a plantas con resistencia a diferentes estreses (Matthew et al., 2000) dada la menor relación área foliar:volumen la cual podría ser una forma de evitar pérdidas de agua.

Por otra parte, Matthew et al. (1995) proponen que la distancia a la recta hipotética de $-3/2$ de cualquier punto en la regresión log tamaño y log densidad de macollos sería un indicador de la productividad de pasto existiendo una relación alta y positiva entre distancia a la recta e IAF. Esto fue confirmado en el presente trabajo (Tabla 12) al igual que en anteriores trabajos en especies templadas por Hernandez Garay et al. (1997, 1999) y en tropicales por Sbrissia et al. (2001, 2003). A diferencia de anteriores trabajos se correlacionó acumulación neta de forraje junto con IAF y distancia resultando también correlaciones ($p < 0,0001$) altas y positivas, reafirmando el valor de la distancia a la recta como un valor predictivo tanto de IAF como principalmente de producción de forraje de la pastura.

3.5 Conclusiones

De forma análoga a otras gramíneas de clima templado y tropical, *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé presenta gran plasticidad y flexibilidad de manejo caracterizada por la estabilidad de producción de forraje y por su capacidad de realizar ajustes en el tamaño y la densidad poblacional de macollos desde 10 a 24 cm de altura de manejo.

REFERENCIAS

Abal, G., & Angelo, M. D. (2010). Mapa Solar del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ingeniería.

- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). *InfoStat Software Estadístico Manual del Usuario*.
- Chapman, D. Lemaire, G. (1996). Tissue Flows in Grazed Plant Communities. In J. Hodgson & A. Illius (Eds.), *The Ecology and management of grazing systems*. (pp. 3–36). Wallingford, UK: CAB International.
- Chapman, D., & Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of regrowth after defoliation. In M. Baker (Ed.), *Proceedings of the XVII International Grassland Congress* (pp. 55–64). Palmerston North, New Zealand: SIR Publishing.
- Davis. (2019). User Manual Davis. Hayward, California, USA: © Davis Instruments Corp. 2019. All rights reserved. Retrieved from www.davisinstruments.com
- Duru, M., Lemaire, G., & Cruz, P. (1997). The nitrogen requirement of major agricultural crops. Grasslands. In G. Lemaire (Ed.), *Diagnosis of N status in crops* (pp. 59–72). Berlin, Allemagne.
- Gastal, F., & Lemaire, G. (2015). Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5, 1146–1171. <https://doi.org/10.3390/agriculture5041146>
- Hernández Garay, A., Matthew, C., & Hodgson, J. (1999). Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*, 54(4), 347–356. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1999.00187.x>
- Hernandez Garay, A., Matthew, C., Hodgson, J., & Da Silva, S. (1997). Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40(1), 37–50. <https://doi.org/10.1080/00288233.1997.9513228>
- Hirata, M. (2004). Canopy dynamics in bahiagrass (*Paspalum notatum*) swards. In S. Pandalai (Ed.), *Recent Research Developments in Crop Science* (pp. 117–145). Kerala, India: Research Signpost.
- Hodgson, J. (1985). The significance of sward characteristics in the management of temperate Sown pastures. In N.-N. J. S. of G. Science (Ed.), *INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS*, 15. (pp. 63–66). Kyoto, Japan.
- Lemaire, Gilles, Sinclair, T., Sadras, V., & Bélanger, G. (2019). Allometric approach to crop nutrition and implications for crop diagnosis and phenotyping. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0570-6>

- Mas, C. (2007). *Setaria Sphacellata*. Una gramínea a tener en cuenta. *Revista INIA*, 33–36. Retrieved from http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos_compartidos/111219220807171743.pdf
- Matthew, C., Assuero, S., Black, C., & Sackville-Hamilton, N. (2000). Tiller dynamics in grazed swards. In G. Lemaire, J. Hodgson, A. Moraes, C. Nabinger, & P. Carvalho (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology* (pp. 127–150). Wallingford, UK: CAB International.
- Matthew, C., Lemaire, G., Sackville Hamilton, N., & Hernandez-Garay, A. (1995). A Modified Self-thinning Equation to Describe Size/Density Relationships for Defoliated Swards. *Annals of Botany*, 76(6), 579–587.
- MGAP. (2011). Censo Agropecuario. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Retrieved from <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/censo2011.pdf>
- Sackville Hamilton, N., Matthew, C., & Lemaire, G. (1995). In Defence of the $-3/2$ Boundary Rule: a Re- evaluation of Self-thinning Concepts and Status. *Annals of Botany*, 76, 569–577.
- Santos, G. (2014). *Dinâmica e compensação tamanho/densidade populacional de Perfilhos em pastos de capim quicúio sob lotação intermitente*. Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Sbrissia, A. (2004). *Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de Capim-Marandu sob lotação contínua*. Universidade de São Paulo.
- Sbrissia, A., & Da Silva, S. (2008). Compensação tamanho / densidade populacional de perfilhos em pastos de capim- marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(1), 35–47.
- Sbrissia, A., Da Silva, S., Carvalho, C., Carnevalli, R., Pinto, L., Fagundes, J., & Pedreira, C. (2001). Tiller size/population density compensation in grazed coastcross bermudagrass swards. *Scientia Agricola*, 58(4), 655–665. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400002>
- Sbrissia, A., Da Silva, S., Matthew, C., Carvalho, C., Carnevalli, R., Pinto, L., ... Pedreira, C. (2003). Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(12), 1459–1468. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n12/a13v38n12.pdf>
- Sbrissia, A., Da Silva, S., Sarmiento, D., Molan, L., Andrade, F., Gonçalves, A., & Lupinacci, A. (2010). Tillering Dynamics in Palisadegrass Swards Continuously Stocked by Cattle. *Plant Ecology*, 206(2), 349–359. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/40540365>

Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H., & Hozumi, K. (1963). Intraspecific competition among higher plants – XI: self- thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions. *Journal of Institute of Polytechnics*, 14(D), 107–129.

4 DINÁMICA POBLACIONAL DE *Paspalum notatum* CV. INIA SEPÉ SOMETIDO A FRECUENCIAS Y SEVERIDADES DE CORTE

Resumen

Paspalum notatum cv. INIA Sepé aparece como una muy buena opción para los sistemas de producción de Uruguay. Esto se justifica por su alta capacidad de producción de forraje de calidad, su adaptación al medio y su estabilidad productiva frente a una importante amplitud de intensidades de manejo. Para el desarrollo del cultivar se requiere conocimiento sobre su ecología, persistencia y estabilidad de la población de macollos (a los efectos de ser debidamente manejado). Para comprender estos mecanismos se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la densidad poblacional, los padrones demográficos de macollaje y la estabilidad poblacional de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a la combinación de tres frecuencias (90%, 95% y máxima interceptación de luz durante el rebrote) y dos severidades de defoliación (40 y 60% de la altura inicial pre-corte). El experimento fue realizado desde el 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de marzo de 2019 en el Campo Experimental Tambores (INIA Tacuarembó). El diseño experimental fue completamente aleatorio, con 4 repeticiones. Como unidades experimentales fueron utilizados 24 piquetes de 10 x 16 metros. Los tratamientos correspondieron a las combinaciones entre tres frecuencias de corte determinadas por el porcentaje de interceptación de luz (IL) incidente durante el rebrote (90%, 95% y máxima IL – IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{máx}) y dos severidades de corte correspondientes a 40 y 60% de la altura de disponible al momento de corte. Fueron realizadas evaluaciones de interceptación de luz, ángulo foliar, área foliar media por macollo, densidad poblacional de macollos, índice de área foliar (IAF), altura del dosel forrajero y dinámica poblacional de macollos. Fueron calculadas las tasas de aparición, mortalidad y sobrevivencia de macollos, índice de estabilidad de macollos, vida media de macollos y el porcentaje de macollos vivos de la estación anterior. En este experimento parcelas manejadas de forma más frecuente presentaron menor altura que parcelas manejadas con cortes menos frecuentes, indicando presencia de macollos de mayor tamaño en parcelas con IL_{Max} en comparación a IL_{90%}. Los valores de densidad poblacional de macollos fueron menores para las menores frecuencias de defoliación (IL_{máx}) comparado a las mayores frecuencias (IL_{90%} e IL_{95%}). Las tasas de mortalidad y de aparición de macollos variaron únicamente con la severidad de defoliación, siendo mayores los valores tanto de mortalidad como de aparición para la severidad 40%, mientras que de forma general mayores valores de tasa de sobrevivencia de macollos fueron registrados para la severidad 60%. Un aspecto relevante es la diferencia en valores absolutos entre las diferentes tasas, siendo los valores de sobrevivencia entre 5 y 10 veces superiores a los valores de tasas de aparición y mortalidad, lo cual indica la importancia de la sobrevivencia de macollos y longevidad de estos en la estabilidad poblacional de una pastura de INIA Sepé. Los valores de Índice de estabilidad fueron siempre próximos a 1, indicando estabilidad independientemente del tratamiento o de la época del año. El porcentaje de macollos vivos de la estación anterior que inician la estación siguiente no varió entre tratamientos y su valor fue cercano al 50%, indicando una alta incidencia del manejo en la estación de crecimiento anterior en el resultado productivo de la zafra actual. El valor de vida media de macollos no varió entre los diferentes tratamientos y en promedio fue de $250 \pm 34,5$ días. El número registrado de vida media de macollos junto a los valores de IE superiores a 1 y las altas tasas de sobrevivencia explican la elevada longevidad y estabilidad de la población de macollos, característica que le confiere elevado potencial de adaptación y gran flexibilidad de manejo de la defoliación.

Palabras Clave: *Paspalum notatum*; Dinámica; Macollaje

Abstract

Paspalum notatum cv. INIA Sepé appears as an excellent forage production option for Uruguay due to its potential for producing high quality forage, adaptation to the environment and stability of herbage production within a wide range of managements. In order to develop guidelines for use and management it is necessary knowledge and understanding of plant ecology, persistence and stability of tiller population. The objective of this experiment was to evaluate tiller population density and dynamics as well as population stability of *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé subjected to regimes of intermittent defoliation. Treatments were combinations between three cutting frequencies determined by the percentage of incident light interception (IL) during regrowth (90%, 95% and maximum IL - $LI_{90\%}$, $LI_{95\%}$ and LI_{max}) and two cutting severities corresponding to 40 and 60% of the pre-cutting height. The experiment was carried out from November 15th, 2018 to March 31st, 2019, at “Tambores” experimental field (INIA Tacuarembó). The experimental design was completely randomized, with 4 repetitions. As experimental units 24 plots of 10 x 16 m were used. The following variables were evaluated: canopy light interception and foliage angle, leaf area per tiller, tiller population density, canopy leaf area index (LAI), canopy height, and tiller population dynamics. Data were used to calculate rates of tiller appearance, mortality and survival, tiller population stability index, tiller half-life and the percentage of tillers from the previous growing season alive at the beginning of the new growing season. More frequently managed plots presented smaller height than plots less frequently managed, indicating presence of larger tillers in plots managed at LI_{max} compared to $LI_{90\%}$. Tiller population density was smaller for LI_{max} relative to $LI_{90\%}$ and $LI_{95\%}$. Rates of tiller death and appearance varied only with the severity of defoliation, with greater values recorded for the 40% defoliation severity, while greater values of tiller survival were registered for 60% severity of defoliation. A significant feature was that rates of tiller survival were 5 to 10 times greater than rates of tiller appearance and death, highlighting the importance of tiller survival and their longevity to the stability of INIA Sepé. The tiller population stability index was consistently around 1, indicating stability regardless of defoliation treatment and time of the year. The percentage of tillers from previous growing season alive at the beginning of the new growing season did not vary among treatments and remained around 50%, highlighting the importance of management during one season to the productive result of next seasons. Tiller half-life did not vary among treatments and corresponded to 250 ± 34.5 days. The long tiller half-life associated with tiller population stability index around 1 and long survival explain the long longevity and stability of tiller population, characterizing the large plant adaptability and flexibility defoliation.

Keywords: *Paspalum notatum*; Dynamics; Tiller

4.1 Introducción

Las gramíneas perennes presentes y disponibles comercialmente en Uruguay son fundamentalmente de ciclo invernal, generando picos de crecimiento tanto en primavera como en otoño. En Uruguay, donde el clima es templado y cálido con precipitaciones durante todo el año surge una excelente oportunidad de producción para gramíneas estivales de metabolismo C_4 , las cuales son capaces de aprovechar radiación, temperatura, agua y nutrientes en momentos en que las pasturas invernales no logran ser eficientes, generando así una excelente complementariedad en los ciclos de crecimiento con las especies de ciclo invernal resultando

en una mayor estabilidad productiva y ecológica. *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé aparece como una muy buena opción para los sistemas de producción de Uruguay, esto se justifica por su alta capacidad de producción de forraje de calidad, su adaptación al medio y su estabilidad productiva frente a una importante amplitud de intensidades de manejo. Como se conoce posee gran flexibilidad de uso en función de su elevada capacidad de compensación tamaño x densidad poblacional de macollos cuando sometida a una amplitud significativa de alturas de manejo (3 a 24 cm - capítulo 1). Este hecho demuestra que la frecuencia de defoliación posee una importancia relativa mayor que la severidad, razón por la cual estudios evaluando intervalos entre defoliación ganan importancia, porque además de generar importante información sobre estabilidad y sustentabilidad productiva, también están relacionados con el valor nutritivo del forraje producido. Para el desarrollo del cultivar se requiere conocimiento sobre su ecología, persistencia y estabilidad de la población de macollos (a los efectos de ser debidamente manejado). Para comprender estos mecanismos es necesario conocer la demografía de las poblaciones, las tasas de aparición y mortalidad (Matthew & Sackville Hamilton, 2011), la vida media de los macollos (Hirata, 2004), y el efecto de las estaciones y de los diferentes regímenes de defoliación en las variables mencionadas (Matthew et al., 2013). Se plantea como Hipótesis que *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé presenta una población de macollos estable durante la estación de crecimiento y en las diferentes combinaciones de frecuencia y severidad, mediante una elevada sobrevivencia de macollos por sobre la aparición de nuevos macollos, condición que aseguraría conservación de recursos y gran flexibilidad de manejo de la defoliación. El objetivo de este trabajo es evaluar la densidad poblacional, los padrones demográficos de macollaje y la estabilidad poblacional de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a la combinación de tres frecuencias (90%, 95% y máxima interceptación de luz durante el rebrote) y dos severidades de defoliación (40 y 60% de la altura inicial pre-corte).

4.2 Materiales y métodos

El experimento fue realizado desde el 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de marzo de 2019 en el Campo Experimental Tambores, dependiente de INIA Tacuarembó, en el establecimiento San Bentos, propiedad de la Familia Aguiñarena ubicado en la localidad de Tambores en el Departamento de Tacuarembó. Las coordenadas aproximadas del sitio son Latitud 31°54'41,15''S y Longitud 56°13'39,35''O y una Altitud de 253 metros.

El clima de la región de Uruguay según la clasificación de Köppen es del tipo Caf, con temperatura promedio de 18,5°C y precipitaciones medias anuales de 1294 mm (Abal & Angelo, 2010). A los efectos de mantener un adecuado nivel de agua en el suelo, fue utilizado durante todo el periodo del experimento riego por aspersión aplicado según balance hídrico realizado de forma diaria, el cual fue realizado considerando los datos de física de suelo del lugar tales como Capacidad de retención de agua (80 mm), Velocidad de infiltración, profundidad efectiva de exploración radicular (40 cm) y variables climáticas diarias como Evapotranspiración potencial y Precipitaciones diarias así como los riegos aplicados. Los datos climáticos fueron colectados con una estación meteorológica Davies Pro 2 Plus (Davis, 2019) ubicada dentro del sitio experimental a 30 metros del experimento (Figuras 1, 2 y 3).

El balance hídrico fue completado de forma diaria de lunes a viernes y los riegos fueron realizados en dosis de entre 10 y 30 mm a los efectos de no permitir agotamientos por debajo del 50% de agua disponible en el suelo y que tampoco generasen perdidas por escurrimiento superficial.

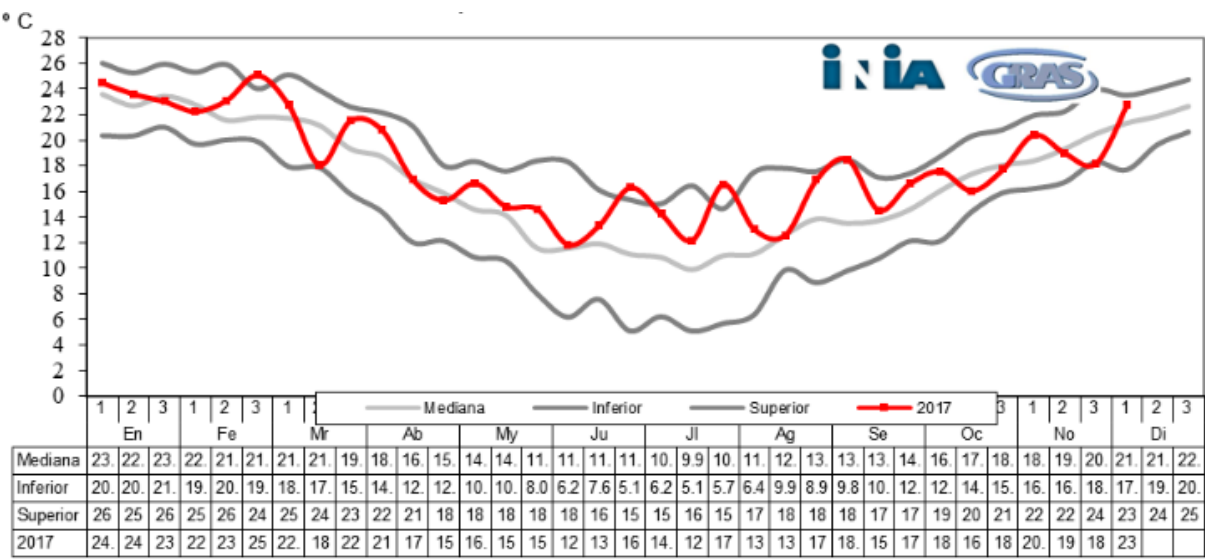


Figura 1 Evolución de temperatura media decadal del año 2017 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

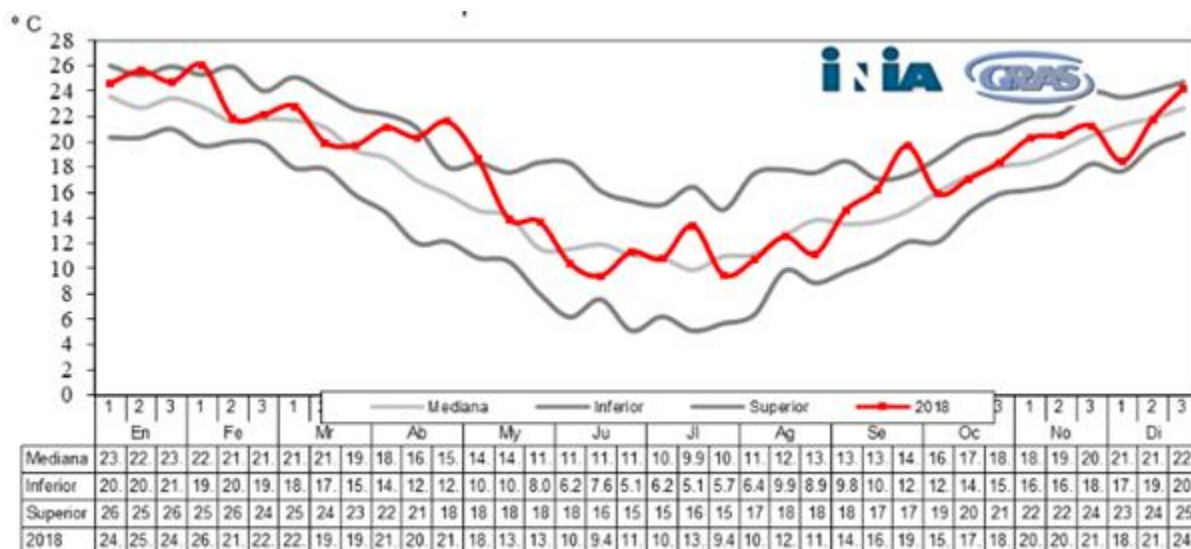


Figura 2 - Evolución de temperatura media decádica del año 2018 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

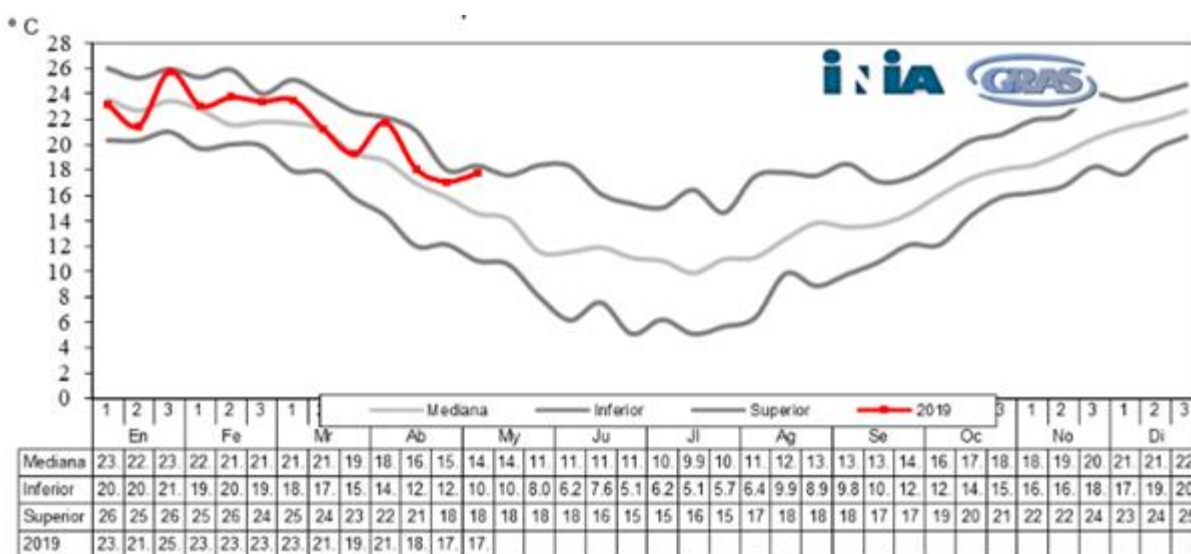


Figura – 3 Evolución de temperatura media decádica desde el 1 de enero hasta el 15 de mayo de 2019 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

El área experimental fue sembrada en noviembre de 2015, con sembradora a chorrillos marca Semeato de 13 líneas a 17 cm a una densidad de 15 kg.ha⁻¹. La pastura fue considerada adecuadamente establecida después de una serie de tres cortes realizados a 4,9 cm del suelo en las fechas 15/01/2016, 19/09/2016 y 03/10/2016. El suelo del sitio experimental es un Vertisol Eútrico Típico, con un contenido de Arcilla de 39%, Arena 31% y Limo de 30%. Las características químicas fueran las observadas en la Tabla 1.

Tabla 13 - Resultado de análisis químico del suelo utilizado en el experimento II

Profundidad	C Orgánico	pH	N-NO ₃	P (Ac Cítrico)	K	S-SO ₄	Ca	Mg	Zn	B
cm	%	(H ₂ O)	µg N/g	µg P/g	meq/100 g	µg S/g	meq/100g	meq/100g	mg/kg	mg/kg
0-7,5	5,41	5,9	6,1	10,5	0,44	12,2	19,8	8,9	2,06	1,57
7,5-15	3,88	6,0	4,5	3,4	0,39	9,0	20,7	9,3	1,09	0,63

Fuente: Laboratorio de Análisis de INIA La Estanzuela.

La fertilización inicial consistió en ubicar todas las unidades experimentales en niveles de suficiencia de fósforo en el suelo (mínimo de 30 ppm) aplicando dosis diferenciales de Superfosfato triple según el nivel de Fósforo en el suelo medido con el método de Ácido Cítrico. La fertilización con nitrógeno se realizó mediante la aplicación de urea granular, distribuida manualmente en cada unidad experimental luego de cada corte y previo al riego a una dosis equivalente de 1 kg de nitrógeno por hectárea por día de rebrote.

El diseño experimental fue completamente aleatorio, con 4 repeticiones. Como unidades experimentales fueron utilizados 24 piquetes de 10 x 16 metros. Los tratamientos correspondieron a todas las combinaciones entre tres frecuencias de corte determinadas por el porcentaje de intercepción de luz incidente durante el rebrote (90%, 95% y máxima IL siendo definida esta última cuando fueron obtenidos valores similares en dos medidas consecutivas – IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Máx}) y dos severidades de corte correspondientes a 40 y 60% de la altura de disponible al momento de corte (remoción de 60 y 40% de la altura pre-corte). Los tratamientos fueron aplicados bajo corte con pastera Marca Honda Modelo HRX 217, retirándose el forraje cortado.

Previamente al inicio del experimento, el área experimental fue preparada y sometida a un periodo de acostumbramiento a los tratamientos y condiciones experimentales. Durante la estación de crecimiento comprendida entre octubre de 2016 a mayo de 2017 fue iniciada la preparación del área experimental para el experimento por medio de una serie de cortes realizados en las fechas 24/10/2016, 03/01/2017 y 01/03/2017 a una altura media de 6,5 cm con un intervalo medio entre cortes de $49,6 \pm 14,9$ días. En el día 29 de setiembre de 2017 fue realizado un corte de homogeneización a 8,5 cm del suelo e iniciado el control de las condiciones experimentales e imposición de los tratamientos durante toda la estación de crecimiento comprendida entre octubre de 2017 a mayo de 2018. El periodo experimental efectivo correspondió a la estación de crecimiento siguiente, de noviembre de 2018 al 31 de marzo de 2019. Como la estación de crecimiento es relativamente corta la dinámica poblacional de macollos fue seguida desde la estación 2017/2018 (de acostumbramiento) a los efectos de

permitir la determinación de la longevidad y vida media de los macollos, así como el porcentaje de macollos vivos de la estación anterior que inician la estación siguiente como parte de la población. Las tasas de aparecimiento, muerte y sobrevivencia fueran calculadas utilizando solamente los datos del periodo experimental.

Interceptación de Luz, ángulo foliar, área foliar media por macollo, densidad poblacional de macollos, índice de área foliar (IAF) y altura del dosel forrajero

El monitoreo de la interceptación de luz (IL) por el dosel forrajero y el ángulo foliar fue realizado mediante la utilización del equipo marca Li-Cor modelo LAI 2000 (LI-COR, EUA) previo a cada corte priorizando en el seguimiento semanal las parcelas que superaran el 85% de IL. Las medidas se hicieron al amanecer (debido a la necesidad de medir con luz difusa) y en cada piquete fueron tomadas tres mediciones donde cada una consistió en una medida arriba del dosel y cinco consecutivas abajo en el nivel del suelo, totalizando tres medidas arriba y quince abajo.

En cada evento pre-corte fueron tomadas tres muestras compuestas por 20 macollos en cada piquete, en la cual fue realizada separación morfológica de cada macollo en hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Estos componentes fueron pesados y luego enviados a estufa para secar. El Área foliar promedio por macollo ($\text{cm}^2.\text{macollo}^{-1}$) fue obtenida a partir de las hojas separadas de las 3 muestras antes de ser enviadas a estufa, las cuales fueron medidas con un integrador de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100. La sumatoria del área de las hojas evaluadas por muestra fue dividida entre 20 y así se obtuvo el número final de cm^2 de hoja. macollo^{-1} .

Para medir densidad poblacional de macollos fueron realizados tres conteos por piquete, mediante la observación en cuadros de 20 x 70 cm, que corresponde a un área de 0,140 m^2 . En cada cuadro fue contada la cantidad de macollos y luego se relacionó el número en relación con el área donde fue medida obteniéndose la densidad poblacional, la cual fue expresada como número de macollos. m^{-2} . El índice de área foliar se calculó a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 4 - Cálculo de IAF a partir de valores de Af (Área foliar/Macollo) y DM (Densidad de macollos) en macollos. m^{-2} :

$$\text{IAF} = \text{DM} * \text{Af}$$

Donde:

DM = número de macollos por m^2 y Af = área foliar promedio por macollo (m^2).

La altura del dosel fue determinada en pre- y pos-corte, mediante el uso de regla, registrando de forma aleatoria 10 puntos por piquete, siendo el promedio de estas observaciones la altura media de los piquetes.

Dinámica poblacional de Macollos

Para evaluar la dinámica poblacional de macollos, se utilizaron dos anillos de PVC de 20 centímetros de diámetro por piquete, fijados al suelo con ganchos de metal. Después del primer corte todos los macollos existentes dentro de cada anillo fueron contados y marcados con alambre colorido del mismo color (generación G_0). Nuevas evaluaciones fueron realizadas después de cada corte, ocasión en que los macollos sobrevivientes eran contados y los nuevos macollos eran marcados con alambre de diferente color que el utilizado en el conteo anterior (generaciones G_1 , G_2 , G_3 etc.).

Con los datos registrados fueron calculados las tasas de aparición, mortalidad y sobrevivencia de macollos. La tasa de aparición y mortalidad fueron calculadas considerando cuantos macollos surgieron o murieron entre dos evaluaciones consecutivas y que proporción estos representaban del total existente en la evaluación anterior. Debido a los intervalos variables entre cortes (consecuencia de cómo los tratamientos fueran concebidos), las tasas de aparición y mortalidad de macollos fueran expresadas como $\text{macollos} \cdot 100 \text{ macollos}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$. La tasa de sobrevivencia fue calculada como indica la ecuación 2.

Ecuación 5: Cálculo de la Tasa de sobrevivencia de macollos

$$\text{Tasa de Sobrevivencia} = 1 - \text{Tasa de Mortalidad}$$

El efecto conjunto entre aparición y muerte de macollos fue evaluado por medio del cálculo (ecuación 3) del Índice de Estabilidad de Macollos (Bahmani., et al 2003) el cual caracteriza el estado de estabilidad de la población de macollos en un periodo específico, donde valores cercanos a 1 indican periodos de estabilidad.

Ecuación 6: Cálculo del Índice de estabilidad de macollos

$$P_1/P_0 = \text{Tasa de sobrevivencia} * (1 + \text{Tasa de aparición})$$

Donde P_1/P_0 representa la proporción entre la población de macollos existente en el conteo actual y la población existente en el conteo anterior, mientras que Tasa de aparición y de sobrevivencia corresponden a las tasas medias de aparición y sobrevivencia de macollos. Adicionalmente, se realizaron regresiones entre número de macollos y días transcurridos desde el primer conteo, lo cual fue caracterizado por una función exponencial negativa, la que permitió el cálculo de la vida media de macollos (Korte, 1986 - Ecuación 4).

Ecuación 7: Calculo de la vida media de macollos

$$t_{1/2} = \ln 2/b$$

Donde $t_{1/2}$ representa la vida media de macollos expresada en días, $\ln$ el logaritmo neperiano y b el coeficiente de la regresión exponencial del número de macollos de cada generación y los días transcurridos.

El porcentaje de macollos vivos de la estación anterior que inician la estación siguiente fue determinado a través del cociente entre el total de macollos existentes al final de la estación anterior y el número de macollos que permanecen vivos al inicio de la estación actual.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados considerándose los períodos de mayor actividad de crecimiento (noviembre a marzo), determinándose dos épocas (Época 1 - desde 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de enero de 2019; Época 2 - desde el 1 de febrero hasta el 31 de marzo de 2019. Fueron testeadas las prerrogativas básicas del análisis de varianza (normalidad de los datos y homogeneidad de varianza) y asumida la aditividad del modelo e independencia de los errores. Cuando necesario los datos fueran transformados antes del análisis de varianza. Esta fue realizada con el paquete del software Infostat (Balzarini et al., 2008). Las diferencias fueron declaradas significativas cuando $p < 0,05$. La comparación de medias fue realizada a través del test de Tukey ($P < 0,05$).

4.3 Resultados

4.3.1 Control Experimental

De forma general los valores de IL pre-corte fueron próximos a los propuestos y correspondieron, en promedio a 92,9, 96,1 y 97,8 para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 14 - Interceptación luminosa pre-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)		
% de altura en pre-corte	90	95	Max
		(%)	
		<u>Época 1:</u>	
40	93,4 (0,37)	95,9 (0,17)	98,2 (0,13)
60	93,4 (0,71)	96,5 (0,59)	98,6 (0,19)
		<u>Época 2:</u>	
40	93,3 (1,67)	95,5 (0,4)	96,6 (1,12)
60	91,5 (0,80)	96,0 (0,08)	98,9 (0,15)

Valor entre paréntesis indica el Error Estándar de la variable.

La altura pre-corte varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación, la severidad y con la interacción frecuencia x severidad x época de crecimiento. De forma general se encontraron mayores valores de altura pre-corte en las menores frecuencias de defoliación. Con relación a la severidad de defoliación, no hubo diferencias entre severidades, excepto en la época 2 en el tratamiento IL_{Max} donde el mayor valor fue registrado para la severidad de defoliación 60% (Tabla 3).

Tabla 15 - Altura pre-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)				
% de altura en pre-corte	90	95	Max	Média	E.E.
	(altura en cm)				

<u>Época 1:</u>									
40	28,8	Ab	29,0	Ab	37,3	Aa	31,7	A	1,21
60	26,0	Ab	32,5	Aa	36,2	Aa	31,6	A	1,65
Média	27,4	b	30,8	b	36,7	a			
EE	1,10		2,22		1,21				
<u>Época 2:</u>									
40	26,9	Ab	32,9	Aa	32,4	Ba	30,7	B	1,02
60	29,6	Ab	32,3	Ab	40,3	Aa	34,1	A	1,30
Média	28,2	c	32,6	b	36,4	a			
EE	1,10		1,19		1,56				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

La altura pos-corte varió ($p < 0,05$) con la frecuencia, la severidad de defoliación, la época de crecimiento y la interacción frecuencia x severidad x época de crecimiento. De forma general, mayores valores fueron registrados en los tratamientos con menores frecuencias y menor severidad de defoliación (Tabla 4).

Tabla 16 - Altura pos-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)								
% de altura en pre-corte	90	95	Max				Média	E.E.	
(altura en cm)									
<u>Época 1:</u>									
40	10,9	Bb	11,4	Bb	14,2	Ba	12,2	B	0,44
60	15,0	Ab	19,6	Aa	20,5	Aa	18,4	A	0,91
Média	13,0	b	15,5	a	17,4	a			
EE	0,68		0,82		0,72				
<u>Época 2:</u>									
40	10,7	Bc	12,2	Bb	14,1	Ba	12,3	B	0,32
60	16,9	Ab	18,7	Ab	24,6	Aa	20,1	A	0,59
Média	13,8	c	15,5	b	19,3	a			
EE	0,52		0,52		0,75				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

Los valores de altura pos-corte expresada como porcentaje de la altura inicial fueron próximos a los propuestos y correspondieron, en promedio a 40,7 y 58,4 para los tratamientos de severidad 40 y 60%, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 17 - Altura pos-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019 expresada como porcentaje de la altura inicial

Severidad % de altura en pre-corte	Frecuencia (% IL durante el rebrote)		
	90	95	Max
		(%)	
		<u>Época 1:</u>	
40	38,3 (2,67)	38,8 (1,35)	46,6 (1,58)
60	59,5 (1,42)	56,5 (1,66)	57,9 (0,42)
		<u>Época 2:</u>	
40	39,8 (0,70)	37,3 (0,92)	43,5 (1,33)
60	58,9 (0,93)	57,8 (0,68)	60 (1,18)

Valor entre paréntesis indica el Error Estándar de la variable.

El intervalo en días de cada ciclo fue mayor con las menores frecuencias de corte y con la mayor severidad de defoliación (Tabla 6).

Tabla 18 – Intervalo entre cortes en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad % de altura en pre-corte	Frecuencia (% IL durante el rebrote)		
	90	95	Max
		(días)	
		<u>Época 1:</u>	
40	55,3 (0,67)	56,0 (1,17)	81,3 (1,83)
60	36,8 (1,71)	45,0 (2,96)	52,8 (1,19)
		<u>Época 2:</u>	
40	30,2 (5,01)	42,0 (3,34)	47,0 (1,91)
60	23,5 (1,99)	25,0 (2,88)	43,0 (3,22)

Valor entre paréntesis indica el Error Estándar de la variable.

El IAF pre-corte varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación y la época de crecimiento. Mayores valores fueron registrados en los tratamientos con menores frecuencias (3,01, 3,31, 3,73 $\pm$ 0,153 para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente) y en la época 2 (3,11, 3,59 $\pm$ 0,130 para las épocas 1, y 2, respectivamente).

El ángulo foliar varió ($p < 0,05$) con la frecuencia, la severidad de defoliación, la época de crecimiento y la interacción frecuencia x época de crecimiento. Mayores valores fueron registrados para la severidad 40% (50,8 y 48,8 $\pm$ 0,49° para los tratamientos 40% y 60%, respectivamente), mientras que de forma general mayores valores fueron registrados para las mayores frecuencias de defoliación y en la época 2 de crecimiento (Tabla 7).

Tabla 19 - Ángulo foliar en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Época de crecimiento	Frecuencia (% IL durante el rebrote)			Média	E.E.
	90	95	Max		
			(grados)		
1	50,9 Ba	49,7 Aab	46,4 Ab	49,0 B	1,00
2	56,1 Aa	48,5 Ab	46,0 Ac	50,5 A	0,62
Média	53,5 a	49,1 b	46,7 c		
EE	0,73	0,79	0,80		

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

4.3.2 Densidad poblacional de macollos

La densidad poblacional de macollos varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación y con la interacción frecuencia x severidad de defoliación. De forma general se encontraron mayores valores de densidad poblacional en las mayores frecuencias de defoliación para la severidad de defoliación 40%, no existiendo diferencias entre tratamientos de IL para la severidad de defoliación 60%. Con relación a la severidad de defoliación en el tratamiento IL_{90%} fueron registrados mayores valores para la severidad 40% en cambio para IL_{Max} mayores valores fueron registrados para la severidad 60% (Tabla 8).

Tabla 20 - Densidad poblacional de macollos de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)						Média	E.E.
% de altura en pre-corte	90		95		Max			
	(macollos.m ⁻²)							
40	665	Aa	604	Ab	505	Bc	591	14
60	584	Ba	580	Aa	609	Aa	591	24
Média	625	a	590	ab	557	b		
EE	19		23		21			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

4.3.3 Dinámica poblacional de macollos

La tasa de aparición de macollos varió ($p < 0,05$) con la severidad de defoliación. Mayores valores fueron registrados para la severidad 40% comparado a 60% ($0,85$ y $0,48 \pm 0,075$ macollo.100 macollos⁻¹.día⁻¹ para los tratamientos 40% y 60%, respectivamente).

La tasa de mortalidad de macollos varió ($p < 0,05$) con la severidad de defoliación. Mayores valores fueron registrados para la severidad 40% comparado a 60% ($0,19$ y $0,09 \pm 0,033$ macollo.100 macollos⁻¹.día⁻¹ para los tratamientos 40% y 60%, respectivamente).

La tasa de sobrevivencia de macollos varió ($p < 0,05$) con la frecuencia, la severidad de defoliación y con la interacción frecuencia x severidad de defoliación x época de crecimiento. Mayores valores fueron registrados para los tratamientos IL_{90%} en la época 1 y para IL_{90%} e IL_{95%} en la época 2 relativamente a IL_{Max} para la severidad de defoliación 60%, no registrándose diferencias entre tratamientos de frecuencia de defoliación para la severidad 40%. En la época 1 hubo diferencia entre severidades de defoliación solamente en el tratamiento IL_{Max} con mayor

valor registrado para la severidad de defoliación 60% mientras que en la época 2 hubo diferencias entre tratamientos de severidad de defoliación con mayores valores para severidad 60%, en los tratamientos IL_{90%} e IL_{95%} (Tabla 9).

Tabla 21 - Tasa de sobrevivencia de macollos de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Estrategias de donación intermitente de IS de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019										
Severidad		Frecuencia (% IL durante el rebrote)								
% de altura en pre-corte		90		95		Max		Média		E.E.
(macollos.100 macollos ⁻¹ .día ⁻¹)										
Época 1:										
40		2,88	Aa	2,77	Aa	1,98	Ba	2,54	B	0,333
60		3,90	Aa	3,03	Ab	2,80	Ab	3,24	A	0,145
Média		3,39	a	2,90	ab	2,39	b			
EE		0,310		0,215		0,185				
Época 2:										
40		2,70	Ba	2,33	Ba	1,98	Aa	2,34	B	0,257
60		4,38	Aa	4,15	Aa	2,30	Ab	3,61	A	0,140
Média		3,54	a	3,24	a	2,14	b			
EE		0,244		0,191		0,172				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

La media vida de los macollos no varió entre tratamientos siendo su valor medio de $250 \pm 34,5$ días. El porcentaje de macollos vivos de la estación anterior (2017/2018) que inician la estación siguiente (2018/2019) como parte de la población no varió entre tratamientos siendo su valor medio de $49,6 \pm 9,06\%$.

4.3.3 Índice de estabilidad de la población de macollos

El índice de estabilidad (IE) varió ($p < 0,05$) con la severidad de defoliación y con la interacción frecuencia x severidad de defoliación. De forma general mayores valores fueron registrados para la severidad 40% salvo para el tratamiento IL_{90%}. Entre tratamientos de frecuencia de defoliación hubo diferencias únicamente para severidad 60% con mayores valores registrados para el tratamiento IL_{90%} en comparación a IL_{Max} (Tabla 10).

Tabla 22 - Índice de estabilidad (IE) de macollos de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (Altura pre - corte)								
% de altura en pre-corte	90		95		Max		Média		E.E.
40	1,15	Aa	1,24	Aa	1,27	Aa	1,22	A	0,045
60	1,12	Aa	1,08	Bab	0,99	Bb	1,06	B	0,033
Média	1,14		1,16		1,13				
EE	0,044		0,035		0,035				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

4.4 Discusión

La persistencia de una comunidad de plantas es determinada por la capacidad de mantener estable su población de macollos, tanto por la sustitución de macollos muertos o por la elevada longevidad y sobrevivencia de los macollos existentes. Estas son dos estrategias de crecimiento opuestas, siendo la primera basada en captar y utilizar recursos y la segunda en conservación de recursos, condiciones estas de fundamental importancia al momento de definir el uso y manejo de las plantas forrajeras. Por otra parte, el principio funcional básico envuelto en ambas estrategias es la necesidad de energía para realizar los procesos de crecimiento y desarrollo, la cual es generada a partir del aparato fotosintético, el cual se dimensiona a través del IAF.

Los niveles de interceptación de luz registrados para cada tratamiento fueron próximos a los preestablecidos, siendo similares entre tratamientos de severidad para cada tratamiento de frecuencia de defoliación, siendo más distantes de la IL objetivo en la frecuencia de defoliación $IL_{90\%}$ (Tabla 2). Estos desvíos posiblemente estén asociados a la alta velocidad de crecimiento de la pastura y a los elevados niveles de intercepción remanentes los cuales generaron en los tratamientos de mayor frecuencia y de menor severidad de defoliación un menor intervalo entre cortes (Tabla 6), lo que dificulta en mayor medida el control experimental. Parcelas manejadas con IL_{Max} e $IL_{95\%}$ presentaron mayores valores de IAF en comparación a $IL_{90\%}$, indicando que defoliaciones menos frecuentes resultan en mayor IAF del dosel forrajero, coincidiendo con la literatura (Brougham, 1962; Chapman & Lemaire, 1993; Da Silva et al., 2015) sobre la interferencia de las acciones en manejo sobre el aparato fotosintético de las plantas y la cantidad de energía disponible para crecimiento y desarrollo. Por otra parte, los valores de IAF en la época 1 fueron menores que en la época 2, momento donde el ángulo foliar fue mayor (estructura más vertical - Tabla 7) posiblemente debido al estado reproductivo de las plantas. Este hecho

podría ser la razón de un mayor valor de IAF para una misma altura pre-corte en la época 2 relativamente a la época 1.

El IAF es el resultado de la integración del área foliar por macollo (representado aquí por la altura de la pastura) y la densidad poblacional de macollos. En este experimento parcelas manejadas de forma más frecuente, con menor intervalo entre cortes ($IL_{90\%}$ e $IL_{95\%}$), presentaron menor altura (Tablas 3 y 4) que parcelas manejadas con cortes menos frecuentes, con mayor intervalo entre cortes (IL_{Max}), indicando presencia de macollos de mayor tamaño en parcelas con IL_{Max} en comparación a $IL_{90\%}$. Los valores de densidad poblacional de macollos fueron menores para las menores frecuencias de defoliación (IL_{max}) comparado a las mayores frecuencias ($IL_{90\%}$ e $IL_{95\%}$) (Tabla 8), resultado coincidente con trabajos anteriores en especies templadas y tropicales (Hirata, 2015; Matthew et al., 2013) los cuales indican un menor número de macollos cuando la pastura es manejada a mayor altura o con menor frecuencia. Este hecho ocurre principalmente por la competencia entre macollos por recursos, principalmente por luz (Matthew et al., 2013). Estas diferencias entre tratamientos de frecuencia de defoliación fueron registradas para la severidad 40%, mientras que para la severidad 60% no se registraron diferencias entre tratamientos de IL, posiblemente resultado de la menor muerte de macollos (próximo a 50%) para esta severidad de corte.

Los valores registrados en densidad poblacional de macollos (Máximo de 665 y Mínimo de 505 macollos.m⁻²) fueron inferiores a los obtenidos para *Paspalum notatum* cv. Pensacola en similares condiciones de manejo de Nitrógeno (200 kg de N.ha⁻¹-año⁻¹) y en alturas de manejo próximas (22 cm), los cuales se ubicaron en 2.500 macollos.m⁻² (Hirata, 2015). Cuando se observan las variaciones en tamaño y densidad poblacional de macollos aparentemente la variación en tamaño de macollos fue proporcionalmente mayor a la reducción en densidad poblacional de macollos con el aumento en el intervalo de los cortes determinando mayores valores de IAF en los tratamientos $IL_{95\%}$ e IL_{max} . El hecho de que INIA Sepé no acumule tallos de forma significativa (capítulo 3) hace que el aumento en IAF en situaciones de mayor altura de manejo y mayores intervalos entre cortes provenga del aumento en el tamaño de los macollos vivos (particularmente hojas), dada la imposibilidad de realizar ajustes en IAF en la estructura vertical del dosel, aspecto observado por el incremento de R con el aumento en la altura de manejo (capítulo 1), lo que indica un incremento mayor en hojas que en tallos, situación inversa a la observada en forrajeras tropicales (Sbrissia & Da Silva, 2008; Sbrissia et al., 2005).

Conocer la variación en las tasas de aparición, mortalidad y sobrevivencia de macollos en las diferentes situaciones estudiadas es un aspecto fundamental en la comprensión de la dinámica de poblaciones de macollos. Las tasas de mortalidad y de aparición de macollos

variaron únicamente con la severidad de defoliación, siendo mayores los valores tanto de mortalidad como de aparición para severidad 40%, resultados coherentes con la bibliografía (Sbrissia et al., 2010) que muestran mayores tasas de mortalidad para tratamientos de mayor severidad de defoliación y a su vez mayor tasa de aparición de nuevos macollos y por lo tanto una mayor renovación de tejidos y de la población de macollos. De esta manera se observa claramente como son activados los mecanismos de respuesta de las plantas en busca de la estabilidad de la población de macollos. De forma general mayores valores de tasa de sobrevivencia de macollos fueron registrados para la severidad 60%. Por otra parte, se registraron diferencias entre los tratamientos de IL para tasa de sobrevivencia (Tabla 9) únicamente para la severidad 60%, siendo mayor para $IL_{90\%}$ y $IL_{95\%}$ en comparación a IL_{max} en la época 1, mientras que en la época 2 la sobrevivencia fue mayor para $IL_{90\%}$ en comparación a $IL_{95\%}$ e IL_{max} . Estas diferencias observadas únicamente entre tratamientos de IL para severidad 60% posiblemente sean debido a una mayor competencia por luz que se inicia a partir de un alto IAF del forraje remanente y que se agudiza en la medida que los tratamientos de IL generan mayores intervalos entre cortes. Un aspecto muy relevante es la diferencia en valores absolutos entre las diferentes tasas, siendo los valores de sobrevivencia entre 5 y 10 veces superiores a los valores de tasas de aparición y mortalidad, lo cual indica la importancia de la sobrevivencia de macollos y longevidad de los mismos en la estabilidad poblacional de una pastura de INIA Sepé, característica similar a la observada para *Paspalum notatum* cv. Pensacola (Hirata, 2004). Si bien fueron observadas importantes diferencias entre las diferentes tasas analizadas en ocasiones han sido señaladas como insuficientes a los efectos de identificar si una población de macollos se encuentra o no en equilibrio. Como forma de contemplar la relación entre la tasa de aparición y de sobrevivencia fue desarrollado el Índice de estabilidad (Bahmani et al., 2003), el cual debe llegar a valores iguales o cercanos a uno para indicar estabilidad. En la medida que ese valor no sea alcanzado se estaría en una situación de riesgo en la persistencia de la especie, ya que la reposición de macollos no estaría siendo suficiente para remplazar los macollos muertos. A pesar de las diferencias existentes los valores registrados fueron siempre próximos a 1, indicando estabilidad independientemente del tratamiento o de la época del año. El porcentaje de macollos vivos de la estación anterior que inician la estación siguiente no varió entre tratamientos y su valor fue cercano al 50%, indicando una alta incidencia del manejo en la estación de crecimiento anterior en el resultado productivo de la zafra actual. Este aspecto es de fundamental importancia ya que entre el periodo de reposo invernal y el comienzo de la primavera puede haber un alto riesgo de muerte de macollos en función del número e intensidad de las heladas registradas, tanto el uso excesivo en esas épocas o la competencia desmedida por

parte de especies invernales puede comprometer la población de macollos de la siguiente estación de crecimiento, lo cual resalta la importancia del manejo en el periodo de transición para la estabilidad y productividad de la pastura. Por otra parte, el valor de vida media de macollos no varió entre los diferentes tratamientos y en promedio registrado fue inferior al encontrado para *Paspalum notatum* cv. Pensacola de 423 días en similares condiciones de manejo (Hirata, 2004). A diferencia del trabajo realizado por Hirata (2004) donde las evaluaciones de dinámica poblacional de macollos se realizaron mensualmente, las evaluaciones fueron realizadas en cada corte, por esta razón metodológica no fueron registrados aquellos macollos que surgían al comienzo de la estación de crecimiento, esta particularidad que llevo a no considerar una parte de los macollos existentes puede haber influenciado los resultados contribuyendo en subestimar el valor, igualmente el número registrado de vida media de macollos junto a los valores de IE superiores a 1 y las altas tasas de sobrevivencia explican la estabilidad de la población de macollos de la pastura en estudio, aspecto que se destaca en la especie e indica que se trata de una planta especializada en mantener recursos (Matthew et al., 2013).

4.5 Conclusiones

Paspalum notatum cv. INIA Sepé presenta elevada longevidad y estabilidad de la población de macollos, característica que le confiere elevado potencial de adaptación y gran flexibilidad de manejo de la defoliación, características altamente deseables para una planta forrajera.

REFERENCIAS

- Abal, G., & Angelo, M. (2010). Mapa Solar del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ingenieria.
- Bahmani, I., Thom, E., Matthew, C., Hooper, R., & Lemaire, G. (2003). Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: Effects of cultivar, season, nitrogen fertiliser, and irrigation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54(8), 803–817. <https://doi.org/10.1071/AR02135>
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). *InfoStat Software Estadístico Manual del Usuario*.

- Brougham, R. (1962). The leaf growth of *Trifolium repens* as influenced by seasonal changes in the light environment. *Journal of Ecology*, 50, 449–459.
- Chapman, D., & Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of regrowth after defoliation. In M. Baker (Ed.), *Proceedings of the XVII International Grassland Congress* (pp. 55–64). Palmerston North, New Zealand: SIR Publishing.
- Da Silva, S., Sbrissia, A., & Pereira, L. (2015). Ecophysiology of C4 Forage Grasses—Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture*, 5(3), 598–625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>
- Davis. (2019). User Manual Davis. Hayward, California, USA: © Davis Instruments Corp. 2019. All rights reserved. Retrieved from www.davisinstruments.com
- Hirata, M. (2004). Canopy dynamics in bahiagrass (*Paspalum notatum*) swards. In S. Pandalai (Ed.), *Recent Research Developments in Crop Science* (pp. 117–145). Kerala, India: Research Signpost.
- Hirata, M. (2015). Linking Management, Environment and Morphogenetic and Structural Components of a Sward for Simulating Tiller Density Dynamics in Bahiagrass (*Paspalum notatum*). *Agriculture*, 5(2), 330–343. <https://doi.org/10.3390/agriculture5020330>
- Korte, C. (1986). Tillering in ‘grasslands nui’ perennial ryegrass swards 2. seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 29(4), 629–638. <https://doi.org/10.1080/00288233.1986.10430456>
- Matthew, C., Agnusdei, M., Assuero, S., Sbrissia, A., Scheneiter, E., & Da Silva, S. (2013). State of knowledge in tiller dynamics. In D. Michalk, G. Millar, W. Badgery, & K. Broadfoot (Eds.), *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress* (pp. 1041–1043). Sidney, Australia: New South Wales Department of Primary Industry.
- Matthew, C., & Sackville Hamilton, N. (2011). Analysing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. In G. Kerr (Ed.), *Pasture Persistence – Grassland Research and Practice Series 15* (pp. 63–68). Dunedin, New Zealand: New Zealand Grassland Association. Retrieved from https://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_2235.pdf
- Sbrissia, A., & Da Silva, S. (2008). Compensação tamanho / densidade populacional de perfilhos em pastos de capim- marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(1), 35–47.

- Sbrissia, A., Da Silva, S., Carvalho, C., Carnevalli, R., Pinto, L., Fagundes, J., & Pedreira, C. (2005). Tiller size/population density compensation in grazed Coastcross bermudagrass swards. *Scientia Agricola*, 58(4), 655–665. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162001000400002>
- Sbrissia, A., Da Silva, S., Sarmento, D., Molan, L., Andrade, F., Gonçalves, A. ., & Lupinacci, A. (2010). Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plant Ecology*, 206(2), 349–359. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9647-7>

5 ACUMULACIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA Y VALOR NUTRITIVO DE *Paspalum notatum* CV. INIA SEPÉ SOMETIDO A FRECUENCIAS Y SEVERIDADES DE CORTE

Resumen

La aplicación de diferentes intensidades de manejo (combinación entre frecuencia y severidad de defoliación) determina la estructura del dosel forrajero la cual modula la variación de los procesos de crecimiento, acumulación de forraje y su valor nutricional. INIA Sepé presenta una gran capacidad y flexibilidad de manejo caracterizada por el ajuste en tamaño y densidad poblacional de macollos y elevada estabilidad en la densidad poblacional de macollos (Capítulos 3 y 4). En estas condiciones, el valor nutritivo puede corresponder a un importante indicador del momento de cosecha del forraje. El objetivo del presente trabajo fue determinar la acumulación de forraje, su composición botánica y morfológica y el valor nutritivo en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a seis regímenes de defoliación, producto de la combinación de tres frecuencias (90%, 95% y máxima interceptación de luz durante el rebrote) y dos severidades de defoliación (40 y 60% de la altura pre-corte). El experimento fue realizado desde el 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de marzo de 2019 en el Campo Experimental Tambores (INIA Tacuarembó). Los resultados fueron analizados considerándose los períodos de mayor actividad de crecimiento (noviembre a marzo), determinándose dos épocas: Época 1 - desde 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de enero de 2019; y Época 2 - desde el 1 de febrero hasta el 31 de marzo de 2019. El diseño experimental fue completamente aleatorio, con 4 repeticiones. Como unidades experimentales fueron utilizados 24 piquetes de 10 x 16 m. Fueron realizadas evaluaciones de Interceptación de Luz y altura del dosel forrajero, Masa de forraje, composición botánica y morfológica e valor nutritivo del forraje producida. Fue calculada la acumulación de forraje y la tasa de acumulación de forraje. Los valores registrados de masa de forraje fueron en general elevados y mayores en la época 2. A su vez el porcentaje de hojas en la masa de forraje pre-corte fue mayor para la mayor frecuencia de defoliación (IL_{90%}). El porcentaje de tallos no varió entre tratamientos y su valor promedio fue cercano al 23%. Por otro lado, el porcentaje de material muerto fue mayor para la menor frecuencia (IL_{max}) y para la severidad 40%. En cuanto a las fracciones FDA y FDN para la severidad 40%, el tratamiento IL_{Max} fue donde se registraron los mayores valores, lo que resultó en un menor valor de digestibilidad, indicando una mayor presencia de tejido estructural en las hojas. A su vez para IL_{90%} los valores de FDA y FDN (en la época 2) fueron mayores en la severidad 60%, resultando en menores valores de digestibilidad. La tasa de acumulación de forraje, así como la acumulación total durante el experimento, fue mayor para las mayores frecuencias de defoliación (IL_{90%} y IL_{95%}). *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé posee gran flexibilidad de manejo, siendo que la meta pre-corte óptima no debe exceder 95% de IL (30 cm de altura pré-corte) como forma de asegurar producción de forraje con elevado valor nutritivo y eficiencia de cosecha.

Palabras Clave: *Paspalum notatum*; Acumulación de forraje; Valor nutritivo

Abstract

Defoliation strategies (combinations of frequency and severity of defoliation) are determinant of sward structure, which modulates the processes of growth, herbage accumulation and nutritional value. INIA Sepé shows great capacity and flexibility of management characterized by its ability to adjust tiller size and population density and its great stability of the tiller population (Chapters I and II). Under these conditions, herbage nutritive

value may correspond to an important indicator of optimal time for harvesting. The objective of this study was to evaluate herbage accumulation, botanical and morphological composition and the nutritional value of *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé subjected to six defoliation regimes derived from all combinations between three frequencies (90%, 95% and maximum light interception during regrowth) and two defoliation severities (40 and 60% of the pre-cutting height). The experiment was carried out from November 15th, 2018 to March 31st, 2019, at “Tambores” experimental field (INIA Tacuarembó). The results were analyzed considering the periods of most intense growth activity (November to March), determining two periods: Period 1 - from November 15th, 2018 to January 31st, 2019; and Period 2 - from February 1st to March 31st, 2019. The experimental design was completely randomized, with 4 repetitions. A total of 24 plots of 10 x 16 m were used as experimental units. The following responses were evaluated: canopy light interception and height, herbage mass, botanical and morphological composition and nutritive value of the produce herbage. Herbage accumulation and herbage accumulation rates were calculated. Herbage mass was generally greater in season 2 relative to season 1. The percentage of leaves in the pre-cut herbage mass was greater for LI_{90%} relative to LI_{Max}. Stem percentage did not vary among treatments and remained around 23%. On the other hand, dead material percentage was greater for LI_{Max} and the 40% severity of defoliation. Greatest values of FDZ and FDN were recorded for the combination between LI_{Max} and 40% severity, which resulted in smaller digestibility, most likely due to a greater presence of structural tissue on the leaves. In addition, values of FDA and FDN in period 2 were greater for the 60% severity when associated with LI_{90%}, resulting in smaller digestibility. Herbage accumulation rate and total herbage accumulation during the experiment were greater for LI_{90%} and LI_{95%} relative to LI_{Max}. *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé has great management flexibility, and the optimum time to interrupt regrowth should not exceed 95% LI (30 cm pre-cutting height) to ensure herbage production of high nutritive value and efficiency of utilization.

Keywords: *Paspalum notatum*; Herbage accumulation; Nutritional value

5.1 Introducción

La producción ganadera es dependiente de los procesos de crecimiento, utilización y conversión del forraje producido en producto animal (Hodgson, 1990). Ese conocimiento es esencial en el proceso de desarrollo de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé, una vez que permite obtener indicadores de manejo adecuado del pastoreo. La optimización del manejo del pastoreo no puede ser direccionada solamente a maximizar la producción y cosecha de forraje, sino que debe también considerar aspectos como la velocidad de rebrote, valor nutritivo y calidad. Es importante resaltar las diferencias entre valor nutricional y calidad de forraje, característica esta que indica la capacidad potencial de generar producción animal, agregando al valor nutricional atributos del alimento que interfieren con el comportamiento ingestivo y el consumo voluntario (Mertens, 1985; Moore, 1994). La aplicación de diferentes intensidades de manejo (combinación entre frecuencia y severidad de defoliación) determina la estructura del dosel forrajero la cual modula la variación de los procesos de crecimiento, acumulación de forraje y su valor nutricional. INIA Sepé presenta una gran capacidad y flexibilidad de manejo

caracterizada por el ajuste en tamaño y densidad poblacional de macollos y elevada estabilidad en la densidad poblacional de macollos (Capítulos I y II). En estas condiciones, el valor nutritivo corresponde a un importante indicador del momento de cosecha del forraje. En este contexto se plantea como Hipótesis que el manejo de la defoliación del cultivar INIA Sepé de *Paspalum notatum* tiene mayor influencia de la frecuencia relativamente a la severidad de corte, condición en que el valor nutritivo sería determinante del punto óptimo de cosecha. El objetivo del presente trabajo es determinar la acumulación de forraje, su composición botánica y morfológica y el valor nutritivo en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a seis regímenes de defoliación, producto de la combinación de tres frecuencias (90, 95 y máxima interceptación de luz durante el rebrote) y dos severidades de defoliación (40 y 60% de la altura pre-corte).

5.2 Materiales y métodos

El experimento fue realizado desde el 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de marzo de 2019 en el Campo Experimental Tambores, dependiente de INIA Tacuarembó, en el establecimiento San Bentos, propiedad de la Familia Aguiñarena ubicado en la localidad de Tambores en el Departamento de Tacuarembó. Las coordenadas aproximadas del sitio son Latitud 31°54'41,15''S y Longitud 56°13'39,35''O y una Altitud de 253 metros.

El clima de la región de Uruguay según la clasificación de Köppen es del tipo Caf, con temperatura promedio de 18,5°C y precipitaciones medias anuales de 1294 mm (Abal & Angelo, 2010). A los efectos de mantener un adecuado nivel de agua en el suelo, fue utilizado durante todo el periodo del experimento riego por aspersión aplicado según balance hídrico realizado de forma diaria, el cual fue realizado considerando los datos de física de suelo del lugar tales como Capacidad de retención de agua (80 mm), Velocidad de infiltración, profundidad efectiva de exploración radicular (40 cm) y variables climáticas diarias como Evapotranspiración potencial y Precipitaciones diarias así como los riegos aplicados. Los datos climáticos fueron colectados con una estación meteorológica Davies Pro 2 Plus (Davis, USA) ubicada dentro del sitio experimental a 30 metros del experimento (Figuras 1, 2 y 3).

El balance hídrico fue completado de forma diaria de lunes a viernes y los riegos fueron realizados en dosis de entre 10 y 30 mm a los efectos de no permitir agotamientos por debajo del 50% de agua disponible en el suelo y que tampoco generasen pérdidas por escurrimiento superficial.

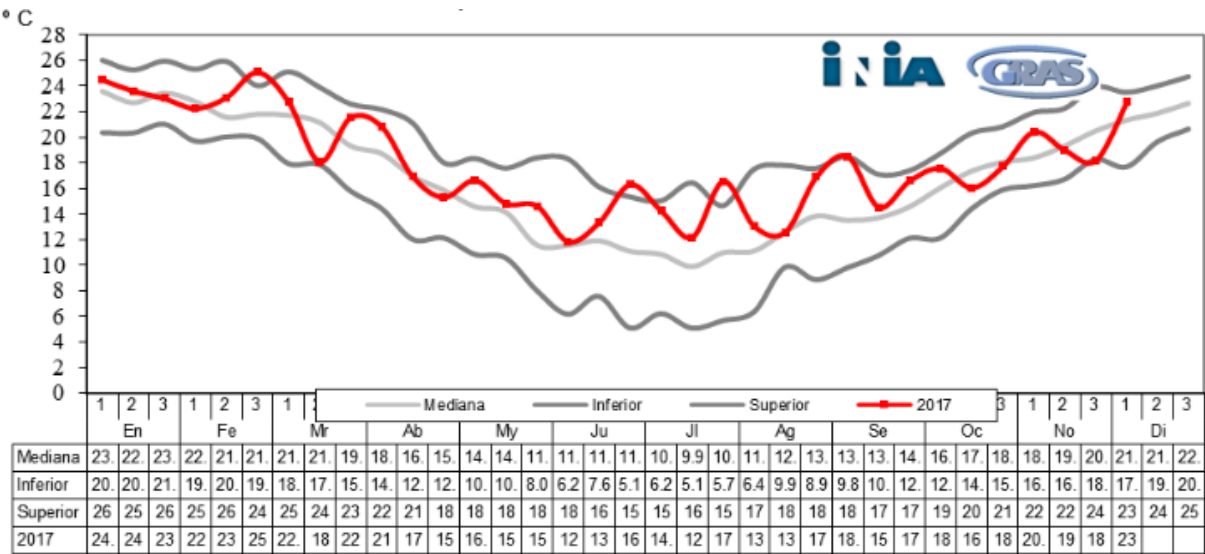


Figura 1 Evolución de temperatura media decádica del año 2017 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

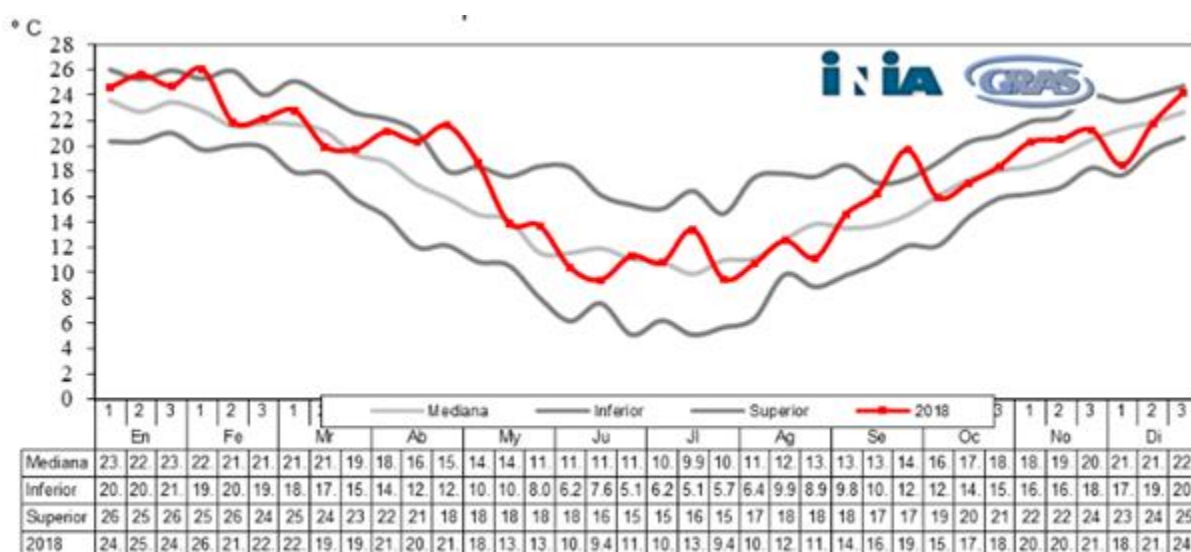


Figura 2 - Evolución de temperatura media decádica del año 2018 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

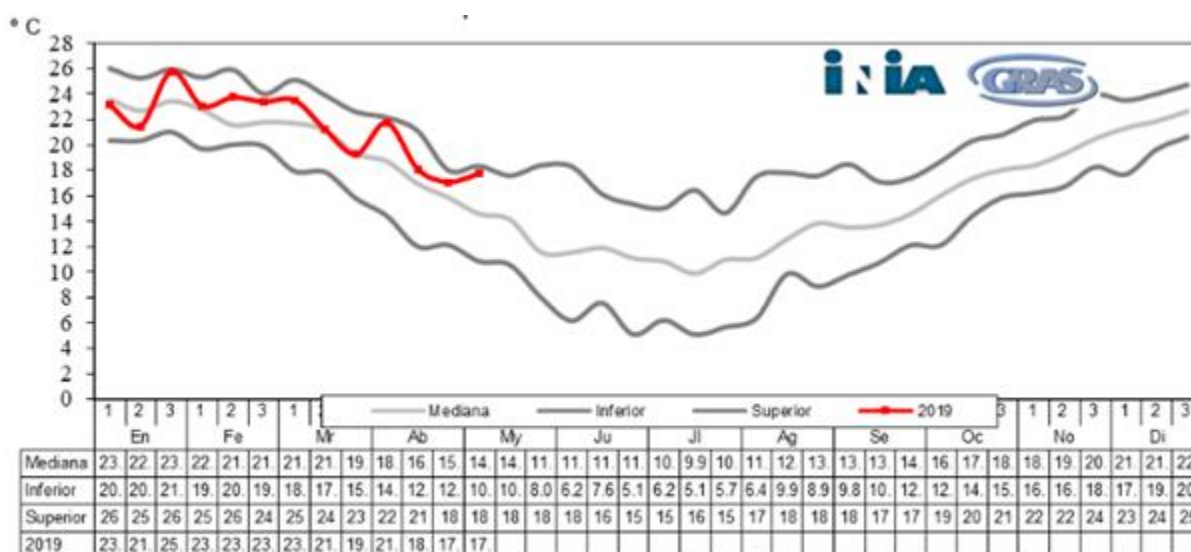


Figura 3 - Evolución de temperatura media decádica desde el 1 de enero hasta el 15 de mayo de 2019 y mediana, mínimo (inferior) y máximo (superior) de la serie histórica (1986-2019) de registros climáticos de INIA Tacuarembó.

Fuente: INIA GRAS <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

El área experimental fue sembrada en noviembre de 2015, con sembradora a chorrillos marca Semeato de 13 líneas a 17 cm a una densidad de 15 kg.ha⁻¹. La pastura fue considerada adecuadamente establecida después de una serie de tres cortes realizados a 4,9 cm del suelo en las fechas 15/01/2016, 19/09/2016 y 03/10/2016. El suelo del sitio experimental es un Vertisol

Eútrico Típico, con un contenido de Arcilla de 39%, Arena 31% y Limo de 30%. Las características químicas fueran las observadas en la Tabla 1.

Tabla 23 - Resultado de análisis químico del suelo utilizado en el experimento II

Profundidad	C Orgánico	pH	N-NO ₃	P (Ac Cítrico)	K	S-SO ₄	Ca	Mg	Zn	B
cm	%	(H ₂ O)	µg N/g	µg P/g	meq/100 g	µg S/g	meq/100g	meq/100g	mg/kg	mg/kg
0-7,5	5,41	5,9	6,1	10,5	0,44	12,2	19,8	8,9	2,06	1,57
7,5-15	3,88	6,0	4,5	3,4	0,39	9,0	20,7	9,3	1,09	0,63

Fuente: Laboratorio de Análisis de INIA La Estanzuela.

La fertilización inicial consistió en ubicar todas las unidades experimentales en niveles de suficiencia de fosforo en el suelo (mínimo de 30 ppm) aplicando dosis diferenciales de Superfosfato triple según el nivel de Fosforo en el suelo medido con el método de Ácido Cítrico. La fertilización con nitrógeno se realizó mediante la aplicación de urea granular, distribuida manualmente en cada unidad experimental luego de cada corte y previo al riego a una dosis equivalente de 1 kg de nitrógeno por hectárea por día de rebrote.

El diseño experimental fue completamente aleatorio, con 4 repeticiones. Como unidades experimentales fueran utilizados 24 piquetes de 10 x 16 metros. Los tratamientos correspondieron a todas las combinaciones entre tres frecuencias de corte determinadas por el porcentaje de intercepción de luz incidente durante el rebrote (90%, 95% y máxima IL siendo definida esta última cuando fueron obtenidos valores similares en dos medidas consecutivas – IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Máx}) y dos severidades de corte correspondientes a 40 y 60% de la altura de disponible al momento de corte (remoción de 60 y 40% de la altura pre-corte). Los tratamientos fueron aplicados bajo corte con pastera Marca Honda Modelo HRX 217, retirándose el forraje cortado.

Previamente al inicio del experimento, el área experimental fue preparada y sometida a un periodo de acostumbamiento a los tratamientos y condiciones experimentales. Durante la estación de crecimiento comprendida entre octubre de 2016 a mayo de 2017 fue iniciada la preparación del área experimental para el experimento por medio de una serie de cortes realizados en las fechas 24/10/2016, 03/01/2017 y 01/03/2017 a una altura media de 6,5 cm con un intervalo medio entre cortes de $49,6 \pm 14,9$ días. En el día 29 de setiembre de 2017 fue realizado un corte de homogeneización a 8,5 cm del suelo e iniciado el control de las condiciones experimentales e imposición de los tratamientos durante toda la estación de crecimiento comprendida entre octubre de 2017 a mayo de 2018. El periodo experimental

efectivo correspondió a la estación de crecimiento siguiente, de noviembre de 2018 a marzo de 2019.

Intercepción de Luz y altura del dosel forrajero

El monitoreo de la interceptación de luz (IL) por el dosel forrajero fue realizado mediante la utilización del equipo marca Li-Cor modelo LAI 2000 (LI-COR, EUA) previo a cada corte priorizando en el seguimiento semanal las parcelas que superaran el 85% de IL. Las medidas se hicieron al amanecer (debido a la necesidad de medir con luz difusa) y en cada piquete fueron tomadas tres mediciones donde cada una consistió en una medida arriba del dosel y cinco consecutivas abajo en el nivel del suelo, totalizando tres medidas arriba y quince abajo.

La altura del dosel fue determinada en pre- y pos-corte, mediante el uso de regla, registrando de forma aleatoria 10 puntos por piquete, siendo el promedio de estas observaciones la altura media de los piquetes.

Masa de forraje, composición botánica, morfológica y valor nutritivo

La evaluación de masa de forraje, composición botánica y morfológica y valor nutritivo en pre-corte y en pos-corte fue realizada mediante la extracción de tres muestras por piquete cortadas al ras del suelo con tijera eléctrica alimentada con batería interna y un cuadro rectangular de acero de 35 x 70 cm. Las muestras una vez extraídas fueron acondicionadas en bolsas de plástico, adicionando agua destilada con rociador y llevadas a una cámara de frío hasta su procesamiento. Este procedimiento fue realizado a los efectos de minimizar los procesos de respiración y transpiración. Todo el material fue llevado al laboratorio y almacenado en cámara de frío para su posterior procesamiento. Se realizó el peso fresco de toda la muestra. Luego fueron separadas submuestras para análisis botánico y morfológico. El material restante fue pesado en fresco, posteriormente fue llevado a estufa para ser secado por 48 horas a 65°C, finalmente se pesó y así fueron obtenidos el porcentaje de materia seca total y la cantidad de materia seca total al relacionar el porcentaje con el peso fresco total de la muestra. Se realizó peso fresco y secado a 65° por 48 horas. Las submuestras seleccionadas para el análisis de composición botánica y morfológica fueron pesadas en su forma fresca y luego separadas manualmente en las fracciones malezas, restos secos, *Paspalum notatum* (hoja, tallo

e inflorescencia). Cada fracción fue enviada a estufa para ser secada por 72 horas a 60°C y luego pesadas, obteniéndose así el porcentaje de materia seca de cada una de las fracciones y la cantidad total de materia seca de cada fracción en la submuestra y posteriormente relacionada en la muestra total. El material obtenido de la fracción hoja, una vez seco, fue molido para su posterior envío a Laboratorio, a los efectos de realizar determinaciones de contenido de materia seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra insoluble en detergente ácido (FDA), fibra insoluble en detergente neutro (FDN), y digestibilidad obtenida a través de la fórmula $DMD (\%) = 88.9 - (0.779 \times ADF\%)$ (Ositis et al., 2003), mediante el uso del equipo NIR PERTEN DA 7250 (Perten, USA).

Acumulación de forraje y cálculo de tasa de acumulación de forraje

Durante el periodo de evaluación en pre-corte fueron realizados muestreos para evaluar la acumulación de masa de forraje total mediante la utilización de una pastera marca Honda modelo HRX 217, con recolector de forraje, donde se cosechó la superficie central de la parcela, de 0,52 m de ancho y 8 m de largo, evitando así el efecto de los bordes. En cada muestreo la altura de residuo fue acorde a la altura determinada en cada tratamiento para la severidad correspondiente.

El cálculo de la tasa de acumulación de forraje fue realizado mediante la división del total de la masa de forraje cosechado entre los días de duración del periodo de rebrote, posteriormente se realizó una media ponderada por días para cada parcela correspondiente a cada época.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados considerándose los períodos de mayor actividad de crecimiento (noviembre a marzo), determinándose dos épocas (Época 1 - desde 15 de noviembre de 2018 hasta el 31 de enero de 2019; Época 2 - desde el 1 de febrero hasta el 31 de marzo de 2019. Fueron testeadas las prerrogativas básicas del análisis de varianza (normalidad de los datos y homogeneidad de varianza) y asumida la aditividad del modelo e independencia de los errores. Cuando necesario los datos fueron transformados antes del análisis de varianza. Esta fue realizada con el paquete del software Infostat (Balzarini et al., 2008). Las diferencias fueron declaradas significativas cuando $p < 0,05$. La comparación de medias fue realizada a través del test de Tukey ($P < 0,05$).

5.3 Resultados

5.3.1 Control Experimental

De forma general los valores de IL pre-corte fueron próximos a los propuestos y correspondieron, en promedio a 92,9, 96,1 y 97,8 para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 24 - Interceptación luminosa pre-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)		
% de altura en pre-corte	90	95	Max
		(%)	
		<u>Época 1:</u>	
40	93,4 (0,37)	95,9 (0,17)	98,2 (0,13)
60	93,4 (0,71)	96,5 (0,59)	98,6 (0,19)
		<u>Época 2:</u>	
40	93,3 (1,67)	95,5 (0,4)	96,6 (1,12)
60	91,5 (0,80)	96,0 (0,08)	98,9 (0,15)

Valor entre paréntesis indica el Error Estándar de la variable.

La altura pre-corte varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación, la severidad y con la interacción frecuencia x severidad x época de crecimiento. De forma general, se encontraron mayores valores de altura pre-corte en las menores frecuencias de defoliación. Con relación a la severidad de defoliación, no hubo diferencias entre severidades, excepto en la época 2 en el tratamiento IL_{Max} donde el mayor valor fue registrado para la severidad de defoliación 60% (Tabla 3).

Tabla 25 - Altura pre-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad										
Frecuencia (% IL durante el rebrote)										
% de altura en pre-corte										
90										
95										
Max										
Média										
E.E.										
(Altura en cm)										
Época 1:										
40										
28,8										
Ab										
29,0										
Ab										
37,3										
Aa										
31,7										
A										
1,21										
60										
26,0										
Ab										
32,5										
Aa										
36,2										
Aa										
31,6										
A										
1,65										
Média										
27,4										
b										
30,8										
b										
36,7										
a										
EE										
1,10										
2,22										
1,21										
Época 2:										
40										
26,9										
Ab										
32,9										
Aa										
32,4										
Ba										
30,7										
B										
1,02										
60										
29,6										
Ab										
32,3										
Ab										
40,3										
Aa										
34,1										
A										
1,30										
Média										
28,2										
c										
32,6										
b										
36,4										
a										
EE										
1,10										
1,19										
1,56										

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

La altura pos-corte varió ($p < 0,05$) con la frecuencia, la severidad de defoliación, la época de crecimiento y la interacción frecuencia x severidad x época de crecimiento. De forma general, mayores valores fueron registrados en los tratamientos con menores frecuencias y menor severidad de defoliación (Tabla 4).

Tabla 26 - Altura pos-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Germinación Intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019									
Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)						Média	E.E.	
% de altura en pre-corte	90		95		Max				
(Altura en cm)									
Época 1:									
40	10,9	Bb	11,4	Bb	14,2	Ba	12,2	B	0,44
60	15,0	Ab	19,6	Aa	20,5	Aa	18,4	A	0,91
Média	13,0	b	15,5	a	17,4	a			
EE	0,68		0,82		0,72				
Época 2:									
40	10,7	Bc	12,2	Bb	14,1	Ba	12,3	B	0,32
60	16,9	Ab	18,7	Ab	24,6	Aa	20,1	A	0,59
Média	13,8	c	15,5	b	19,3	a			
EE	0,52		0,52		0,75				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

Los valores de altura pos-corte expresada como porcentaje de la altura inicial fueron próximos a los propuestos y correspondieron, en promedio, a 40,7 y 58,4 para los tratamientos de severidad 40 y 60%, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 27 - Altura pos-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019 expresada como porcentaje de la altura inicial

Severidad % de altura en pre-corte	Frecuencia (% IL durante el rebrote)		
	90	95	Max
		(%)	
		<u>Época 1:</u>	
40	38,3 (2,67)	38,8 (1,35)	46,6 (1,58)
60	59,5 (1,42)	56,5 (1,66)	57,9 (0,42)
		<u>Época 2:</u>	
40	39,8 (0,70)	37,3 (0,92)	43,5 (1,33)
60	58,9 (0,93)	57,8 (0,68)	60 (1,18)

Valor entre paréntesis indica el Error Estándar de la variable.

El intervalo en días de cada ciclo fue mayor con las menores frecuencias de corte y con la mayor severidad de defoliación (Tabla 6).

Tabla 28 – Intervalo entre cortes en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad % de altura en pre-corte	Frecuencia (% IL durante el rebrote)		
	90	95	Max
		(días)	
		<u>Época 1:</u>	
40	55,3 (0,67)	56,0 (1,17)	81,3 (1,83)
60	36,8 (1,71)	45,0 (2,96)	52,8 (1,19)
		<u>Época 2:</u>	
40	30,2 (5,01)	42,0 (3,34)	47,0 (1,91)
60	23,5 (1,99)	25,0 (2,88)	43,0 (3,22)

Valor entre paréntesis indica el Error Estándar de la variable.

5.3.2 Masa de forraje pre-corte, composición botánica/morfológica y valor nutritivo del forraje cosechado

La masa de forraje pre-corte varió ($p < 0,05$) con la época de crecimiento y con la interacción frecuencia x severidad x época de crecimiento. De forma general, los valores de masa de forraje fueron mayores en la época 2 que en la época 1. En la época 1 no hubo diferencias entre tratamientos mientras que en la época 2 hubo diferencia entre severidades de defoliación para la meta IL_{90%} (mayores valores para 60% relativamente a 40%) y entre metas de IL para la severidad de 40% (mayores valores para IL_{95%} relativamente a IL_{90%}, con valores intermedios para IL_{Max}) (Tabla 7).

Tabla 29 – Masa de forraje pre-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia ((% IL durante el rebrote)						Média	E.E.
% de altura en pre-corte	90		95		Max			
	(kg MS.ha ⁻¹)							
	Época 1:							
40	6910	Aa	5960	Aa	6000	Aa	6290	678
60	6180	Aa	6780	Aa	7650	Aa	6870	651
Média	6540		6370		6830			
EE	661		344		825			
	Época 2:							
40	5280	Bb	9640	Aa	7560	Aab	7490	730
60	7420	Aa	7480	Aa	8270	Aa	7720	569
Média	6350		8560		7920			
EE	381		1294		586			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El porcentaje de hojas en la masa de forraje pre-corte varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación. Mayores valores de porcentaje de hoja fueron registrados en el tratamiento IL_{90%} en comparación a IL_{Max}, registrándose para IL_{95%} un valor intermedio y no diferente de los demás tratamientos ($48,3$, $45,5$ y $42,3 \pm 1,41\%$ para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max} respectivamente). El porcentaje de tallos en la masa de forraje pre-corte no varió entre tratamientos siendo su valor medio de $22,8 \pm 0,96\%$. El porcentaje de material muerto en la masa de forraje pre-corte varió ($P < 0,05$) con la frecuencia de defoliación y con la interacción frecuencia x severidad de defoliación. No hubo diferencia entre metas de IL para la severidad de 60% mientras que para la severidad de 40% mayores valores fueron registrados para IL_{Max} relativamente a IL_{95%} con valores intermediarios para IL_{90%}. Entre severidades de defoliación hubo diferencia solamente para IL_{Max}, con mayores valores registrados para la severidad de 40% relativamente a 60% (Tabla 8).

Tabla 30 - Porcentaje de material muerto en la masa de forraje pre-corte en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)						Média	E.E.
% de altura en pre-corte	90		95		Max			
			(%)					
40	12,0	Aab	8,6	Ab	17,8	Aa	12,8	1,91
60	12,2	Aa	9,0	Aa	10,9	Ba	10,7	1,28
Média	12,1	ab	8,8	b	14,3	a		
EE	1,42		1,77		1,67			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El porcentaje de malezas en la masa de forraje pre-corte varió ($p < 0,05$) únicamente con la época de crecimiento, registrándose mayores valores en la época 1 comparado a la época 2 (18,6, $14,0 \pm 1,43\%$ para las épocas 1 y 2, respectivamente). El porcentaje de inflorescencias en la masa de forraje pre-corte no varió entre tratamientos siendo su valor medio de $3,0 \pm 0,33\%$.

El porcentaje de proteína bruta en el forraje varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación. Mayores valores fueron registrados para el tratamiento IL_{90%} en comparación a IL_{Max} (13,0, 12,7 y $12,1 \pm 0,25\%$ para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente). El porcentaje de FDA en el forraje varió ($P < 0,05$) con la severidad de defoliación y con la interacción frecuencia x severidad de defoliación. No hubo diferencia entre metas de IL para la severidad de 60% mientras para la severidad de 40% mayores valores fueran registrados para IL_{Max} relativamente a IL_{90%}, con valores intermedios para IL_{95%}. Entre severidades de defoliación hubo diferencia solamente para IL_{90%}, con mayores valores registrados para la severidad de 60% relativamente a 40% (Tabla 9).

Tabla 31 - Porcentaje de FDA en el forraje de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)						Média	E.E.
% de altura en pre-corte	90		95		Max			
			(%)					
40	37,4	Bb	38,5	Aab	39,0	Aa	38,3	0,36
60	39,4	Aa	39,7	Aa	38,6	Aa	39,2	0,44
Média	38,4		39,1		38,8			
EE	0,38		0,37		0,44			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

El porcentaje de FDN en el forraje varió ($p < 0,05$) con la interacción frecuencia x severidad de defoliación y con la interacción época de crecimiento x frecuencia x severidad de defoliación. En la época 1 no hubo diferencia entre tratamientos. En la época 2, para la severidad de 60%, no hubo diferencia entre metas de IL pero para la severidad de 40% mayores valores fueron registrados para IL_{Max} relativamente a $IL_{90\%}$, con valores intermedios para $IL_{95\%}$. Con relación a la severidad de defoliación, hubo diferencia solamente en la época 2 para la meta $IL_{90\%}$, con mayores valores registrados para la severidad de 60% (Tabla 10).

Tabla 32 - Porcentaje de FDN en el forraje de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente de 15 de noviembre de 2018 a 31 de marzo de 2019

Severidad	Frecuencia (% IL durante el rebrote)							
% de altura en pre-corte	90		95		Max		Média	E.E.
	(%)							
	Época 1:							
40	62,7	Aa	63,1	Aa	62,8	Aa	62,9	0,98
60	63,8	Aa	62,0	Aa	63,6	Aa	63,1	0,91
Média	63,3		64,1		63,2			
EE	0,93		0,77		1,14			
	Época 2:							
40	60,2	Bb	63,0	Aab	65,1	Aa	62,8	0,73
60	65,5	Aa	63,5	Aa	61,5	Aa	63,5	1,19
Média	62,8		63,2		63,3			
EE	0,75		1,07		1,14			

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

La digestibilidad de la materia seca varió ($p < 0,05$) con la interacción frecuencia x severidad de defoliación. No hubo diferencia entre metas de IL para la severidad de 60% mientras para la severidad de 40% mayores valores fueron registrados para la meta $IL_{90\%}$ relativamente a IL_{Max} , con valores intermedios para $IL_{95\%}$. Hubo diferencia entre severidades de defoliación solamente para $IL_{90\%}$, con mayores valores registrados para la severidad de 40% (Tablas 11).

Tabla 33 - Digestibilidad de la materia seca (%) de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé sometido a diferentes estrategias de defoliación intermitente desde el 15 de noviembre de 2018 y el 31 de marzo de 2019

marzo de 2019										
Severidad		Frecuencia (% IL durante el rebrote)								
% de altura en pre-corte		90		95		Max		Média	E.E.	
(%)										
40		59,8	Aa	58,9	Aab	58,5	Ab	59,1	A	0,26
60		58,2	Ba	58,0	Aa	58,8	Aa	58,3	B	0,35
Média		59,0		58,7		58,6				
EE		0,29		0,29		0,35				

Medias con una letra común mayúscula en la columna o minúscula en la fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). EE indica el Error Estándar de la variable.

5.3.3 Masa de forraje y composición botánica/morfológica pos-corte

La masa de forraje remanente varió ($p < 0,05$) con la frecuencia, la severidad de defoliación y la época de crecimiento. Para las metas de IL, mayores valores fueron registrados para el tratamiento IL_{Max} en comparación a IL_{90%} (3370, 3770 y 3920 $\pm$ 131 kg MS.ha⁻¹ para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente). En relación a la severidad de defoliación, mayores valores fueron registrados para la severidad de 60% (3190 y 4190 $\pm$ 107 kg MS.ha⁻¹ para los tratamientos 40 y 60%, respectivamente). Durante el período experimental, mayores valores fueron registrados en la época 2 (3490 y 3880 $\pm$ 107 kg MS.ha⁻¹ para las épocas de crecimiento 1 y 2, respectivamente).

El porcentaje de hoja en la masa de forraje remanente varió ($p < 0,05$) con la severidad de defoliación, registrándose mayores valores para la severidad 40% (33,1 y 41,4 $\pm$ 1,73% para los tratamientos 40 y 60% respectivamente). El porcentaje de tallo en la masa de forraje remanente varió ($P < 0,05$) con la frecuencia de defoliación. Mayores valores fueron registrados para el tratamiento IL_{95%} en comparación a IL_{90%} e IL_{Max} (27,8, 32,8 y 27,8 $\pm$ 1,38 % para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max} respectivamente).

El porcentaje de material muerto en la masa de forraje remanente varió ($p < 0,05$) con la severidad de defoliación registrándose mayores valores para la severidad 40% (22,8 y 15,4 $\pm$ 1,27 % para los tratamientos 40 y 60%, respectivamente). El porcentaje de inflorescencias no supero el 0,5%.

5.3.4 Tasa de acumulación de forraje y acumulación de forraje en el período de evaluación

La tasa diaria de acumulación de forraje varió ($p < 0,05$) con la frecuencia y la severidad de defoliación. Mayores valores fueron registrados para los tratamientos IL_{90%} y IL_{95%} en comparación a IL_{Max} ($66,0$, $62,7$ y $45,1 \pm 4,27$ kg MS.ha⁻¹.dia⁻¹ para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente), mientras que mayores valores fueron registrados para la severidad 40% en comparación a 60% ($64,7$ y $51,1 \pm 3,48$ kg MS.ha⁻¹.dia⁻¹ para los tratamientos 40 y 60%, respectivamente). La acumulación de forraje varió ($p < 0,05$) con la frecuencia de defoliación, registrándose mayores valores para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} en comparación a IL_{Max} (7870 , 7760 y 5450 ± 625 kg MS.ha⁻¹ para los tratamientos IL_{90%}, IL_{95%} y IL_{Max}, respectivamente)

5.4 Discusión

De manera general el control de las condiciones experimentales fue adecuado, con valores de IL pre-corte próximos a los preestablecidos y generando los contrastes entre metas de IL propuestas (Tabla 2). Los valores registrados de masa de forraje fueron en general elevados y dentro del rango encontrado en otros países para *Paspalum notatum* como Japón (Hirata et al., 2006) y USA (Wallau et al., 2019) reafirmando la potencialidad de aporte de forraje de la especie durante la estación estival. Fueron registrados mayores valores en la época 2 en comparación con la época 1, posiblemente este resultado podría estar relacionado al estado reproductivo de las plantas en la época 2. A su vez el porcentaje de hojas en la masa de forraje pre-corte fue mayor para la mayor frecuencia de defoliación (IL_{90%}), aspecto importante teniendo en cuenta la importancia que tiene para la planta ya sea desde el punto de vista de su aparato fotosintético y el efecto en la producción de forraje, así como para el animal, dada la preferencia por esta estructura de la planta y el beneficio generado por la cosecha de la misma al momento de generar producto animal por parte del animal (Trindade et al., 2007). El porcentaje de tallos no varió entre tratamientos y su valor promedio fue cercano al 23% de la masa de forraje, resultado discrepante a lo ocurrido en evaluaciones de otras pasturas tropicales como *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum* y *Brachiaria brizantha*, donde el porcentaje de tallos incrementa rápidamente al sobrepasar el nivel de 95% de IL (Da Silva et al., 2015). Este aspecto genera una mayor flexibilidad en el manejo dado que no existe un aumento en la proporción de tallos con mayores niveles de IL, generando beneficios tanto productivamente como por parte de la potencial cosecha de forraje por parte del animal. Por otro lado, el

porcentaje de material muerto (Tabla 8) fue mayor para la menor frecuencia, para la severidad 40%, aspecto que podría deberse al mayor intervalo entre cortes lo que explica una mayor acumulación de material senescente (Da Silva et al., 2015; Trindade et al., 2007) Si bien el porcentaje de tallos es relativamente estable en el rango de frecuencias de defoliación evaluadas, el incremento en material muerto con mayores intervalos entre cortes indica mayores pérdidas por senescencia y deterioro del valor nutritivo. Por otro lado, el porcentaje de material muerto (Tabla 8) fue mayor para la menor frecuencia, para la severidad 40% (Schmitt et al., 2019). Los valores registrados se encuentran dentro del rango existente en la bibliografía (Hirata et al., 2006; Wallau et al., 2019) (entre 10-15%) siendo variable según edad de la hoja, época del año, frecuencia de corte y nivel de fertilización nitrogenada. En cuanto a las fracciones FDA (Tabla 9) y FDN (Tabla 10) para la severidad 40% en el tratamiento IL_{Max} fue donde se registraron los mayores valores, indicando una mayor presencia de tejido estructural en las hojas, lo cual es coincidente con hojas de mayor tamaño debido los mayores intervalos entre cortes (Tabla 6). Estos valores de fibra y de material muerto determinaron una menor digestibilidad (Tabla 11) de la materia seca para ese tratamiento, indicando que no se debe sobrepasar la meta de IL95%, mismo que no ocurra incremento en el porcentaje de tallos. En general los valores obtenidos de digestibilidad de la materia seca de hojas son similares a los obtenidos para la especie en estudios anteriores los cuales se ubicaron entre 55 y 65 % de digestibilidad para hojas verdes durante el verano (Hirata, 1999) y dentro del rango encontrado en trabajos experimentales en USA (50-60%) (Wallau et al., 2019). A su vez para IL_{90%} los valores de FDA y FDN (en la época 2) fueron mayores en la severidad 60%, resultando en menores valores de digestibilidad. Este resultado sería esperable ya que la menor renovación de tejidos provocada por una menor severidad de defoliación genera hojas con mayor acumulación de tejido estructural (Schmitt et al., 2019).

La masa de forraje pos-corte al igual que lo sucedido con la masa pre-corte fue mayor en la época 2, mientras que los mayores valores se registraron para la severidad de defoliación 60% lo cual es previsible dada la menor severidad aplicada a tratamientos que tuvieron similares valores de masa pre-corte. A su vez los mayores valores de masa de forraje para las menores frecuencias de defoliación son consecuencia de los mayores intervalos entre cortes y doce los mayores valores de masa de forraje pre-corte, comportamiento común en este tipo de estudio. El porcentaje de hojas presente en la masa de forraje pos-corte fue mayor para la severidad 60%, resultado esperable ya que la cosecha menos severa, se aleja de las posiciones inferiores donde se acumula una mayor proporción de tallos y principalmente material muerto, el cual en

este caso fue mayor el porcentaje para la severidad 40%. Como era esperable la cantidad de inflorescencias en la masa de forraje pos-corte fue extremadamente baja no superando el 0,5%.

Los valores registrados tanto en la acumulación como de la tasa de acumulación de forraje fueron dentro del rango observado por Hirata et al. (2006) en una revisión de experimentos realizados con *Paspalum notatum* en Japón. La tasa de acumulación de forraje, así como la acumulación total durante el experimento fue mayor para las mayores frecuencias de defoliación (IL_{90%} y IL_{95%}), muy probablemente como resultado de mayor senescência asociada a los mayores intervalos entre cortes de la meta IL_{Max}. El hecho es corroborado por el mayor porcentaje de material muerto en la masa de forraje pre-corte para la meta IL_{Max}. Estos resultados sumados a los detallados anteriormente en cuanto a mayor porcentaje de hojas, mayores valores de proteína cruda en hoja, menores valores de FDA y FDN y mayor digestibilidad, hacen posible determinar una mayor producción de forraje de calidad en *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé si la frecuencia de defoliación utilizada no supera el IAF crítico (95% IL). Este es un resultado análogo al de otras gramíneas forrajeras tropicales como *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum* y *Brachiaria brizantha*, pero la diferencia se basa en que la restricción para no sobrepasar la condición de 95% de IL no sería el incremento en la acumulación de tallos, sino que, de material muerto, con consecuente reducción en la eficiencia de cosecha y valor nutritivo del forraje producido.

5.5 Conclusiones

Paspalum notatum cv. INIA Sepé posee gran flexibilidad de manejo de la defoliación, siendo que la meta pre-corte óptima no debe exceder 95% de IL (próximo a 30 cm) como forma de asegurar un elevado valor nutritivo y producción de forraje.

REFERENCIAS

- Abal, G., & Angelo, M. (2010). Mapa Solar del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Facultad de Ingeniería.
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). *InfoStat Software Estadístico Manual del Usuario*.

- Da Silva, S., Sbrissia, A., & Pereira, L. (2015). Ecophysiology of C4 Forage Grasses—Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture*, 5(3), 598–625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>
- Hirata, M. (1999). Modeling digestibility dynamics in leaf segments in a grass: a new approach to forage quality changes in a growing plant. Miyasaki: Grassland and Animal Production Division, Faculty of Agriculture, Miyasaki University.
- Hirata, M., Ogawa, Y., Koyama, N., Shindo, K., Sugimoto, Y., Higashiyama, M., ... Fukuyama, K. (2006). Productivity of bahiagrass pastures in south-western Japan: Synthesis of data from grazing trials. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(2), 79–91. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00182.x>
- Hodgson, J. (1990). *Grazing management: science into practice*. (J. Wiley, Ed.) (Longman Sc). New York.
- Mertens, D. (1985). Factors influencing feed intake in lactating dairy cows: from theory to application using neutral detergent fiber. In *Georgia Nutrition Conference* (pp. 1–18). Athens, USA: University of Georgia.
- Moore, J. (1994). Forage quality indices: development and applications. In G. Fahey Jr (Ed.), *Forage quality, evaluation, and utilization* (American S, pp. 967–988). Madison, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
- Ositis, U., Strikauska, S., & Grundmane, A. (2003). *Lopbarības Analīzu Rezultātu Apkopoījums*. L.Lu, SIA: Jelgavas tipogrāfija.
- Schmitt, D., Padilha, D., Dias, K., Santos, G., Rodolfo, G., Zanini, G., & Sbrissia, A. (2019). Chemical composition of two warm-season perennial grasses subjected to proportions of defoliation. *Grassland Science*, 65(3), 171–178. <https://doi.org/10.1111/grs.12236>
- Trindade, J., Da Silva, S., De Souza, S., Giacomini, A., Zeferino, C., Guarda, V., & Carvalho, P. (2007). Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(6), 883–890. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2007000600016>
- Wallau, M., Vendramini, J., Dubeux, J., & Blount, A. (2019). Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flueggé): overview and pasture Management. *Serie of the Agronomy Departament, UF/IFAS Extension*. Florida, USA.

6 CONSIDERACIONES FINALES

En condiciones de defoliaciones continuas la producción de forraje fue estable entre 10 y 24 cm. Fueron identificados límites de uso en cuanto a la combinación de altura y dosis de nitrógeno mientras que se pudo concluir que el cultivar INIA Sepé presenta una gran plasticidad y flexibilidad de manejo caracterizada por la estabilidad de producción de forraje y por su capacidad de realizar ajustes en el tamaño y la densidad poblacional de macollos desde 10 a 24 cm de altura de manejo.

En condiciones de defoliación intermitente fueron registrados valores de índice de estabilidad próximos a 1, indicando una alta estabilidad independientemente del tratamiento o de la época del año. El porcentaje de macollos vivos de la estación anterior que inician la estación siguiente fue cercano al 50%, indicando una alta incidencia del manejo en la estación de crecimiento anterior en el resultado productivo de la zafra siguiente. El valor de vida media de los macollos no varió entre tratamientos y en promedio fue de $250 \pm 34,5$ días. El número registrado de vida media de macollos junto a los valores de IE superiores a 1 y las altas tasas de sobrevivencia explican la elevada longevidad y estabilidad de la población de macollos, característica que le confiere elevado potencial de adaptación y gran flexibilidad de manejo a la defoliación.

Al analizar las variables acumulación de forraje, composición morfológica y el valor nutritivo se concluyó que *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé posee gran flexibilidad de manejo de la defoliación, siendo que la meta pre-corte óptima no debe exceder 95% de IL (próximo a 30 cm) como forma de asegurar un elevado valor nutritivo, producción y eficiencia de cosecha de forraje.

En el presente trabajo se confirman ciertos atributos destacables de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé, como son su elevada persistencia y capacidad de producción de forraje de alto valor nutritivo en situaciones de manejo de defoliación continua o intermitente, lo cual permite considerar esta forrajera como una excelente opción para los sistemas de producción de Uruguay. Su adaptación al medio y su estabilidad productiva frente a una importante amplitud de intensidades de manejo permite considerar a este cultivar una forrajera capaz de producir forraje de alto valor nutritivo en una época del año en las condiciones de Uruguay donde son escasas las alternativas y la demanda muy alta. Futuros trabajos con animales deberán ser realizados a los efectos de determinar el momento óptimo de manejo, considerando los límites registrados aquí a los efectos de maximizar la producción de forraje de alto valor nutritivo, pero

incorporando al animal como defoliador a los efectos de permitir maximizar el consumo individual o la eficiencia de cosecha del forraje por unidad de área.

7 CONCLUSIONES

Paspalum notatum cv. INIA Sepé posee una gran plasticidad y flexibilidad de manejo, además de persistencia y estabilidad en la producción de forraje. Estos atributos son fundamentados en su capacidad de realizar ajustes en el tamaño y la densidad poblacional de macollos, la alta longevidad y sobrevivencia de macollos, así como de su condición de no incrementar la proporción de tallos conforme aumenta la altura de manejo de la defoliación. A estos efectos se considera oportuno la utilización de esta forrajera desde 10 a 24 cm de altura de manejo en situaciones de defoliación continua, mientras que para defoliaciones intermitentes la meta pre-corte óptima no debe exceder 95% de IL (próximo a 30 cm) como forma de asegurar un elevado valor nutritivo y producción de forraje, en situaciones donde la severidad utilizada no exceda el retiro de más del 60% del forraje pre-corte.