

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD, VALOR NUTRITIVO Y  
PROPIEDADES FÍSICAS DE DIFERENTES CULTIVARES FORRAJEROS DEL  
GÉNERO PASPALUM

por

Malena BARTABURU SILVA  
Inés OTEGUI HAM

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. PhD. Javier Do Canto

---

Ing. Agr. PhD. Rafael Reyno

---

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Fecha:

4 de marzo de 2021

Autores:

---

Malena Bartaburu Silva

---

Inés Otegui Ham

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, no queríamos dejar de agradecer a nuestro tutor Javier do Canto. Persona indispensable para el desarrollo y avance de este trabajo. Gracias Javier por tu constante dedicación.

A Rafael Reyno, Martin Jaurena y demás técnicos y funcionarios del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), que con su colaboración hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

A las personas que compartieron con nosotras en la “Casona”, experiencias que quedarán para el recuerdo.

A los profesores, ayudantes y funcionarios de la Facultad de Agronomía, por acompañarnos en este proceso, en especial a Sully Toledo y Oscar Bentancur y a los profesores de la EEMAC por orientarnos en esta última etapa del proceso.

A nuestros amigos, tanto a los que nos acompañaron por fuera y a los que recorrieron y compartieron con nosotros la carrera.

A la generación EEMAC 2019, grupo con el que crecimos personal y agronómicamente, formando un grupo no solo de colegas sino de amigos.

Y por último, a nuestras familias, quienes nos enseñaron, desde chicas, a valorar el campo y aprender de él.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 <u>GRAMÍNEAS PERENNES ESTIVALES EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS</u> .....	2
2.1.1 <u>Especies y cultivares C<sub>4</sub> en Uruguay</u> .....	2
2.1.2 <u>Producción de forraje, valor nutritivo y manejo</u> .....	3
2.1.2.1 <u>Producción de forraje</u> .....	3
2.1.2.2 <u>Valor nutritivo</u> .....	6
2.1.2.3 <u>Manejo</u> .....	8
2.1.3 <u>Desempeño productivo animal en pasturas C<sub>4</sub></u> .....	10
2.1.4 <u>Incorporación en sistemas productivos de Uruguay: estado actual, uso, disponibilidad de semillas, limitantes</u> .....	11
2.2 <u>EL GÉNERO PASPALUM</u> .....	13
2.2.1 <u>El valor forrajero del género Paspalum</u> .....	13
2.2.1.1 <u>Paspalum notatum</u> .....	15
2.2.1.2 <u>Paspalum dilatatum</u> .....	17
2.2.2 <u>Paspalum en mezclas forrajeras</u> .....	18
2.2.2.1 <u>Aptitud para mezclas</u> .....	18
2.2.2.2 <u>Productividad total</u> .....	18
2.2.2.3 <u>Enmalezamiento</u> .....	19
2.3 <u>ATRIBUTOS MORFOFUNCIONALES COMO ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS</u> .....	20

2.3.1 <u>Características morfofuncionales en <i>Paspalum spp.</i></u> .....	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	23
3.1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES DEL ÁREA EXPERIMENTAL.....	23
3.1.1 <u>Localización</u> .....	23
3.1.2 <u>Antecedentes y manejo del área experimental</u> .....	23
3.1.3 <u>Diseño experimental y tratamientos</u> .....	24
3.1.4 <u>Caracterización climática del período de estudio</u> .....	25
3.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y VARIABLES ANALIZADAS.....	25
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	29
4.1 ALTURA DE LA PASTURA.....	29
4.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA.....	29
4.3 COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA.....	34
4.4 PARÁMETROS MORFOFUNCIONALES (ATRIBUTOS FOLIARES).....	41
4.4.1 <u>Peso seco y área foliar</u> .....	41
4.4.2 <u>Área foliar específica</u> .....	43
4.4.3 <u>Resistencia de lámina a la tensión</u> .....	44
4.4.4 <u>Contenido de materia seca foliar</u> .....	45
4.5 PARÁMETROS DE CALIDAD.....	46
4.5.1 <u>Proteína cruda</u> .....	46
4.5.2 <u>Digestibilidad</u> .....	47
4.5.3 <u>Fibra detergente neutra</u> .....	49
4.5.4 <u>Conclusión calidad</u> .....	50
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	53

6. <u>RESUMEN</u> .....	54
7. <u>SUMMARY</u> .....	55
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	56

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción (t MS. ha <sup>-1</sup> ) y máxima tasa de crecimiento estival (kg MS. ha <sup>-1</sup> . día <sup>-1</sup> ) según diferentes autores para cuatro especies forrajeras C <sub>4</sub> en Uruguay.....	5
2. Producción promedio anual (kg MS. ha <sup>-1</sup> ) de cada variedad desde el inicio del experimento.....	23
3. Producción de materia seca por corte en kg por hectárea según cultivar y frecuencia de corte.....	30
4. Producción de materia seca acumulada (kg. ha <sup>-1</sup> ) según cultivar y frecuencia de corte.....	31
5. Agua disponible en suelo según fecha de corte.....	33
6. Análisis de regresión comparando las curvas de acumulación por grados días por cultivar.....	34
7. Fracción lámina en kg. ha <sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte.....	35
8. Fracción pseudotallo en kg. ha <sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte.....	35
9. Fracción material muerto en kg. ha <sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte.....	36
10. Fracción panoja en kg. ha <sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte.....	37
11. Peso seco promedio de la lámina foliar en gramos por frecuencia de corte.....	42
12. Peso seco promedio de la lámina foliar en gramos por cultivar.....	42
13. Promedio de área de la lámina foliar en cm <sup>2</sup> por frecuencia de corte.....	42
14. Promedio de área de la lámina foliar en cm <sup>2</sup> por cultivar.....	42
15. Área foliar específica cm <sup>2</sup> . g <sup>-1</sup> promedio por frecuencia de corte....	43
16. Resistencia de la lámina a la tensión en N. mm <sup>-1</sup> por cultivar.....	44
17. Diferencias entre muestreos en N. mm <sup>-1</sup> para la frecuencia de 600 GDD, en la variable RLT.....	44
18. Contenido de materia seca foliar en mg. g <sup>-1</sup> por frecuencia de corte.....	45
19. Contenido porcentual de proteína cruda en lámina según cultivar y frecuencia de corte.....	46

20. Contenido porcentual de proteína cruda en planta entera según cultivar y frecuencia de corte.....	47
21. Digestibilidad en porcentaje (a partir de FDA) de lámina según cultivar y frecuencia de corte.....	48
22. Digestibilidad en porcentaje (a partir de FDA) de planta entera según cultivar y frecuencia de corte.....	48
23. Contenido porcentual de fibra detergente neutra en lámina según cultivar para tres frecuencias de corte.....	49
24. Contenido porcentual de fibra detergente neutra en planta entera según cultivar para tres frecuencias de corte.....	49

Figura No.

1. Registro cantidad de semilla en ton. año <sup>-1</sup> para uso nacional, comercio local y reserva del productor de <i>Paspalum dilatatum</i> en el Uruguay.....	12
2. Registro cantidad de semilla en ton. año <sup>-1</sup> para uso nacional, comercio local y reserva del productor de <i>Paspalum notatum</i> en el Uruguay.....	12
3. Croquis representativo de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.....	24
4. Precipitaciones acumuladas mensuales (mm) en los meses de noviembre y diciembre del 2019 y enero, febrero y marzo del 2020 y los promedios históricos (2003-2020) para estos meses.....	25
5. Evolución de la altura de la pastura para los cultivares <i>P. dilatatum</i> cv. Estanzuela Chirú, <i>P. notatum</i> INIA Sepé y <i>P. notatum</i> Pensacola.....	29
6. Producción de forraje medida en kg. ha <sup>-1</sup> de MS según cultivar y frecuencia de corte.....	30
7. Producción acumulada de forraje medida en kg. ha <sup>-1</sup> de MS según cultivar y frecuencia de corte .....	32
8. Composición morfológica en kg. ha <sup>-1</sup> de MS acumulada para <i>P. dilatatum</i> cv. Estanzuela Chirú.....	38
9. Composición morfológica en kg. ha <sup>-1</sup> de MS acumulada las para <i>P. notatum</i> cv INIA Sepé.....	38
10. Composición morfológica en kg. ha <sup>-1</sup> de MS acumulada para <i>P. notatum</i> cv. Pensacola.....	39
11. Evolución de la producción primaria y de la producción cosechable.....	40
12. Evolución de la fracción lámina en kg. ha <sup>-1</sup> de MS para cv. Estanzuela Chirú, INIA Sepé y Pensacola, según	

tres frecuencias de corte.....	41
13. Evolución del contenido de PC, FDN, digestibilidad y de la proporción de la fracción lámina para <i>P. dilatatum</i> cv. Estanzuela Chirú, según tres frecuencias de corte.....	51
14. Evolución del contenido de PC, FDN, digestibilidad y de la proporción de la fracción lámina para <i>P. notatum</i> cv. INIA Sepé.....	51
15. Evolución del contenido de PC, FDN, digestibilidad y de la proporción de la fracción lámina para <i>P. notatum</i> cv. Pensacola.....	52
Imagen No.	
1. Tensiómetro utilizado para medir la resistencia de la lámina foliar al corte.....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el país ha transitado un importante aumento en el mejoramiento forrajero como complemento a la base productiva, el campo natural. Según el MGAP. DIEA (2019), en la actualidad se cuentan con 2,6 millones de hectáreas de pasturas sembradas, lo que justifica el desarrollo e investigación en esta materia.

Las pasturas cultivadas en Uruguay constan, principalmente, de mezclas de gramíneas y leguminosas. Dentro del primer grupo se resaltan cuatro especies mayormente usadas: *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* (perennes) y *Avena byzantina* y *Lolium multiflorum* (anuales), todas gramíneas de metabolismo C3 (INASE, 2020).

La mezcla forrajera tradicionalmente utilizada no incluye gramíneas perennes estivales (metabolismo C4) en la mezcla generando algunas limitantes en cuanto a la producción estival, enmalezamiento y perdurabilidad de las pasturas cultivadas. Por lo tanto, la inclusión de este tipo de gramíneas generaría beneficios, resaltándose el género *Paspalum* debido a que presenta varias especies nativas y de gran adaptación a varias condiciones ambientales.

*Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* son gramíneas perennes de metabolismo C4 templadas, conocidas por su alta producción de forraje estival, su calidad y su buena adaptación al pastoreo. Son especies nativas que, debido a su alta producción de semilla viable y su capacidad colonizadora, tienen alto potencial tanto para cultivarse como pastura pura de alta producción o como componente estival de praderas mezclas (Speranza, 2017).

Los cultivares de *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum* disponibles suelen tener diferencias en cuanto a ciclo, productividad, valor nutritivo y otras propiedades físicas de la planta que hacen al valor forrajero de cada material. Algunos de estos aspectos influyen no sólo en la oferta de nutrientes que estas forrajeras brindan al pastoreo, sino también en la forma en que los animales acceden a ese forraje. Estas diferencias varietales son de suma importancia para el manejo del pastoreo ya que algunos atributos como la proporción de hojas y tallos, proporción de materia verde, valor nutritivo de cada componente y la fuerza física que necesita hacer el animal para cosechar el forraje son características que influyen directa o indirectamente en la preferencia animal y en el presente hay escasa información al respecto.

El objetivo de este trabajo es la determinación de diferencias en producción y valor nutritivo entre tres cultivares de *Paspalum*, estableciendo sus curvas de acumulación de forraje y evolución del valor nutritivo con distintas frecuencias de corte basadas en suma térmica.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GRAMÍNEAS PERENNES ESTIVALES EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

#### 2.1.1 Especies y cultivares C<sub>4</sub> en Uruguay

El principal componente del tapiz del Uruguay son las gramíneas, constituido por dos grupos fundamentales, especies invernales (tipo C<sub>3</sub>) y especies estivales (tipo C<sub>4</sub>). Existe, igualmente, una predominancia de las especies estivales sobre las invernales lo que genera que la mayor producción de forraje se de en el período primavera-estivo-otoñal. Esta abundancia de especies del tipo C<sub>4</sub> es debida a que estas plantas son más eficientes en la captación de CO<sub>2</sub> con altas temperaturas e intensidad de luz, donde la temperatura óptima es de 30-45°C mientras que en C<sub>3</sub> es de 15-30°C (Edwards et al., 2010). Además, las especies C<sub>4</sub> tienen mayor resistencia estomática a la pérdida de agua. Así, la fotosíntesis en este tipo de plantas puede ocurrir bajo condiciones de estrés térmico e hídrico, cuando la fotosíntesis en especies C<sub>3</sub> estaría limitada. Otro factor importante es su superioridad en la eficiencia en el uso del nitrógeno, lo que les permite estar más adaptadas a suelos de baja fertilidad (Carámbula, 1991).

El problema de muchas C<sub>4</sub> exóticas es que son originarias de zonas tropicales o subtropicales donde no están expuestas al frío. El Uruguay se caracteriza por presentar veranos con temperaturas tropicales, pero inviernos con heladas lo que limita la adaptación de muchas especies. Por lo tanto, la tolerancia al frío es uno de los atributos más importantes en especies C<sub>4</sub> para la región (Stritzler et al., 2007). En el período 1975 - 1977, Formoso y Allegri (1984) realizaron dos experimentos donde compararon cuatro cultivares de *Paspalum* junto a otras especies de crecimiento estival, demostrando una significativa disminución de la calidad causada por las heladas para todas las especies a excepción de *Paspalum*. Diversos autores coinciden en que sin dudas la tolerancia a heladas es una característica deseada en las gramíneas estivales forrajeras (Formoso y Allegri 1984, Stritzler et al. 2007, Ferri 2014).

De acuerdo con Carámbula (2002), “entre las gramíneas perennes estivales de especial interés para la Región por sus excelentes tasas diarias de crecimiento en los meses calurosos del año y su reposo invernal que les permite soportar las temperaturas bajas de esta época, sin que ellas afecten sus poblaciones, deben citarse: el pasto miel (*Paspalum dilatatum*.), el pasto Rhodes (*Chloris gayana*), la setaria (*Setaria anceps*), el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), el pasto llorón (*Eragrostis curvula*) y el agropiro (*Agropyron elongatum = Thinopjron ponticum*)”.

Las forrajeras mega térmicas (gramíneas perennes subtropicales o tropicales de ciclo estival) que se adaptan a las condiciones del país son de variadas especies y existen cultivares disponibles en la actualidad o que han estado disponibles en algunos años. Algunos cultivares que han mostrado buen desempeño: *Chloris gayana* cv. Katambora y cv. Fine Cut; *Setaria sphacelata* cv. Narok; *Panicum coloratum* cv. Klein verde,

*Paspalum dilatatum* cv. Estanzuela Chirú; *Paspalum notatum* cv. Bellaca, cv. Pensacola e INIA Sepé; *Paspalum guenoarum* cv. Chane FCA; *Pennisetum purpureum* cv. INIA Lambaré. En Uruguay, estas especies se caracterizan por una alta producción desde octubre hasta abril, lo cual permite, en comparación con los verdeos de verano, una disponibilidad de forraje más temprana (Gutiérrez, 2013).

Entre otras especies se puede encontrar la digitaria (*Digitaria eriantha* Steudel ssp. *eriantha*) cuyo cultivar más conocido es el Irene. Si bien en Uruguay no hay semilla comercialmente disponible, en Argentina se la conoce por ser una de las gramíneas subtropicales con mayor calidad nutricional, logrando una combinación de elevados valores de acumulación de materia seca y valor nutritivo (Ferri, 2014).

### 2.1.2 Producción de forraje, valor nutritivo y manejo

#### 2.1.2.1 Producción de forraje

Las gramíneas C4 suelen caracterizarse por sus altas tasas de crecimiento, la capacidad de producir materia seca y el crecimiento vigoroso luego del pastoreo.

Como indican Olmos et al. (2015a), “*las especies forrajeras de crecimiento estival se caracterizan por su alto potencial en productividad por hectárea, alcanzando en general valores que oscilan entre 10 y 20 toneladas por hectárea y por año.*” Estos autores evaluaron la producción forrajera de *P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú según la frecuencia de corte en el Campo Experimental Cuchilla de Caraguatá (CECC), Uruguay, durante 1983-1985, registrando rendimientos anuales de forraje del orden de los 8-10.000 kg de materia seca por hectárea, para una frecuencia de corte de 60 días. A su vez, registraron en febrero de 1984 una tasa de crecimiento para cv. Estanzuela Chirú de 70 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> siendo prácticamente el doble si se compara con el mismo período de febrero 1985 con valores cercanos a los 38 - 40 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Ésta diferencia estaría explicada por los efectos de un año con deficiencia hídrica. Resultados similares en la producción de materia seca de Estanzuela Chirú encontraron Formoso y Allegri (1983), Álvarez (1985), con promedios en el segundo año de evaluación de 10,6 tt y 10,4 tt respectivamente (cuadro 1).

En *Paspalum notatum*, Reyno et al. (2019), evaluaron el cultivar INIA Sepé en varios sitios de Uruguay, donde la producción de forraje alcanzó valores de 6000 y hasta 12000 kg MS ha<sup>-1</sup> a excepción del primer año de implantación. La tasa de crecimiento promedio de noviembre a abril es de, aproximadamente, 45 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, logrando máximos de crecimiento de 90 a 100 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> en la segunda quincena de enero (cuadro 1).

Merola et al. (2018), evaluando la respuesta del cultivar frente a la fertilización nitrogenada, constataron una producción de 10.255 kg de MS. ha<sup>-1</sup> con nivel de

fertilización de 100 kg de N. ha<sup>-1</sup> en la localidad de Colonia, Uruguay (INIA La Estanzuela) y de 6284 kg de MS. ha<sup>-1</sup> en Tambores, Uruguay.

Resultados similares fueron encontrados por Giorello (2020b), donde la masa de forraje varió con la dosis de nitrógeno, siendo registrado una producción de 6000 +/- 295 kg MS. ha<sup>-1</sup> a una dosis de 150 Kg N. ha<sup>-1</sup> y de 4390 kg MS. ha<sup>-1</sup> para una dosis de 50 kg N. ha<sup>-1</sup>.

Quintans y Speranza (2011), evaluaron 15 genotipos de *Paspalum dilatatum* en la localidad de Sayago y el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía donde concluyeron que el cv. Estanzuela Chirú promedió 8941 y 13061 kg MS. ha<sup>-1</sup>. año para cada localidad respectivamente. Similares resultados mostraron Formoso y Allegri (1983), Álvarez (1985) quienes, evaluando Estanzuela Chirú, obtuvieron producciones en el rango entre 8,6-12,2 y 9,5-12 t MS. ha<sup>-1</sup> respectivamente. En Estados Unidos se realizaron estudios con el mismo biotipo logrando producciones entre 10,3-18,2 t MS. ha<sup>-1</sup> (Burson et al., 1991) y 7,6-16,5 t MS. ha<sup>-1</sup> (Venuto et al., 2003).

En cuanto a la tasa de crecimiento del cultivar, Formoso y Allegri (1983), evaluando las producciones mensuales de los cultivares de la Estanzuela en su segundo año de vida encontraron que el momento en que tenían lugar las máximas tasas de crecimiento variaron según el suelo en el que se evaluaban. En suelos arenosos todos los cultivares presentaron sus máximas tasas de crecimiento en el mes de febrero resaltando Estanzuela Chirú con una tasa de crecimiento de 124 kg MS ha día<sup>-1</sup>. En cambio, en suelo arcilloso (Planosol) el pico de producción tuvo lugar en el mes de diciembre con una producción de 141,8 kg MS ha día<sup>-1</sup> para el mismo. Por lo tanto, encontraron una gran interacción suelo por cultivar. Respecto a la estacionalidad, Álvarez (1985) encontró similares resultados dado que la mayor producción de materia seca en el biotipo Chirú tuvo lugar en el verano en el mes de febrero.

Arce et al. (2013), estudiando la respuesta al riego de cuatro especies perennes: *Pennisetum purpureum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum* y *Festuca arundinacea*, no hallaron diferencias entre manejos de agua sobre la producción acumulada dentro de cada especie, pero sí entre período seco y lluvioso y entre especies. Las producciones acumuladas para *P. notatum* y *P. dilatatum* durante todo el período de evaluación (28 de noviembre del 2011 al 11 de abril del 2012) fueron de 5025 y 4367 kg. ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente.

*Setaria sphacelata* y *Chloris gayana* fueron evaluadas por Formoso y Allegri (1984), los cuales determinaron en dos veranos con lluvias favorables (500-800 mm.) tasas de crecimiento diario en *Setaria* entre 80-100 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y para *Chloris* entre 30- 50 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (cuadro 1).

Olmos et al. (2015b) evaluaron la producción de materia seca de *Setaria sphacelata* cv. Kazungula en el año 1983 - 1985, alcanzando un promedio de 8 tt de MS por año, mientras que para *Chloris gayana*, el promedio fue de 12 tt de MS por año, coincidiendo parcialmente con los datos obtenidos por Ruolo (2017) en Argentina, donde la producción promedio fue de 9 tt de MS por año para *Chloris gayana* cv Épica INTA (cuadro 1).

Cuadro 1. Producción (tt MS. ha<sup>-1</sup>) y máxima tasa de crecimiento estival (kg MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) según diferentes autores para cuatro especies forrajeras C<sub>4</sub> en Uruguay

<b>Especie</b>	<b>Producción (tt MS. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Máx. tasa de crecimiento estival (kg MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Autor</b>
<i>P. dilatatum</i> cv. Estanzuela Chirú	8 a 10		Olmos y Sosa (2015c)
	8,6 a 12,2	124 y 141,8	Formoso y Allegri (1983)
	9,5 a 12		Álvarez (1985)
		21 (nov. y dic.)	Saldanha et al. (2017)
<i>P. notatum</i> INIA Sepé	6,2 a 10,2		Merola et al. (2018)
	6 a 12	90 a 100 (enero)	Reyno et al. (2019)
	3,3 a 11,2		Wallau et al. (2019)
	4,3 a 6,0		Giorello (2020b)
<i>Setaria sphacelata</i>		80 a 100	Formoso y Allegri (1983)
	8		Olmos (2015b)
	4 a 11		Pérez Gomar et al. (2010)
	8 a 18		Giorello (2012)
	14,4	89	Pravia (2009)
<i>Chloris gayana</i>	12		Olmos (2015b)
		30 a 50	Formoso y Allegri (1983)
	9		Ruolo (2017) (Arg.)

### 2.1.2.2 Valor nutritivo

Diversos autores coinciden en que las gramíneas perennes estivales se caracterizan por un menor valor nutritivo frente a las leguminosas y gramíneas templadas considerando el porcentaje de digestibilidad del forraje, el contenido de proteína y otros nutrientes (Minson 1981, Norton 1981, Nelson et al. 1994, Olmos 1997). Según lo expresado por Carámbula (2002), “*las gramíneas perennes estivales poseen un contenido de energía neta, proteína cruda y fósforo menor que las gramíneas perennes invernales. Estas características afectan notablemente las producciones animales..., la limitante mayor es un consumo bajo de energía digestible (asociado a baja digestibilidad) originado en la incapacidad de los animales para ingerir cantidades suficientes de forraje que cubran sus requerimientos diarios*”. Sin embargo, existe complementariedad entre los valores nutritivos de las especies C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> debido a que, las primeras poseen un elevado nivel nutritivo en invierno, el cual disminuye a lo largo de la primavera y el verano. En las segundas, sin embargo, es alto en primavera-verano y cae en otoño e invierno (Bandera et al., 2013).

Las especies C<sub>4</sub> presentan determinadas características anatómicas que comprometen su calidad nutricional. Es decir, debido a la anatomía de Kranz que les permite, en comparación con las especies C<sub>3</sub>, una menor pérdida de energía por fotorrespiración, presentan en sus hojas, una mayor cantidad de tejido vascular y esclerénquima y las mismas se encuentran rodeadas por una doble capa de células con paredes gruesas y suberizadas lo que limita el rompimiento mecánico por parte de los animales (Wilson, citado por del Pozo Rodríguez, 2002), factor que explicaría la menor digestibilidad de este tipos de gramíneas frente a las templadas.

Esta relativa baja digestibilidad de las especies C<sub>4</sub> es confirmada por varios autores. Formoso y Allegri (1984), evaluando 12 cultivares de distintas especies forrajeras de crecimiento estival en la región Noreste de Uruguay, determinaron un rango de variación de 43-58 % en la digestibilidad in vitro según la especie, variedad y la fecha de cierre de la pastura, siendo los cerrados más temprano los de menores valores de digestibilidad debido a la mayor acumulación de forraje. Resultados similares encontraron Minson y McLeod (1970) cuando evaluaron el porcentaje de digestibilidad de la materia seca para 543 muestras de gramíneas estivales, donde la misma osciló entre 30 y 75% con una media de 54%, siendo un 13% menor a la digestibilidad media de materia seca de 592 muestras de gramíneas templadas, que tienen un rango de digestibilidad de 45-85%. Giorello et al. (2020a), coinciden con estos valores, expresando que “*la digestibilidad oscila entre 50 a 65% durante el ciclo, con máximos de 70% y pueden descender hasta 40% en invierno por el efecto de las heladas.*”

Otro factor es la menor concentración de proteína bruta. Minson (1981), evaluando 560 muestras de gramíneas tropicales, cultivadas y localizadas en diferentes partes del mundo, determinó una concentración de proteína cruda que osciló entre del 2 al

27% de la materia seca según la etapa de crecimiento y nivel de fertilidad con una media de 10,6%. Mientras que la media en las gramíneas templadas evaluadas fue de 13,3%. Giorello et al. (2020a), coinciden con estos valores, y señalan que “*el contenido de proteína cruda en gramíneas estivales es usualmente menor al de especies templadas, registrándose valores de 10 - 15% durante el ciclo de producción y tan bajos como 4 - 8% durante invierno*”. Cuando el contenido de proteína cruda de las gramíneas tropicales cae por debajo del 6-8%, el consumo disminuye por la deficiencia de proteína cruda en el animal y no por el exceso de fibra (Minson, 1967). Cabe también mencionar que, el contenido de proteína puede aumentarse aplicando fertilizantes nitrogenados. Con *Digitaria decumbens* por ejemplo, una aplicación tardía de fertilizante nitrogenado aumentó el contenido de proteína cruda de 4,1 a 9,9% y elevó la ingesta de materia seca de los animales de 4,3 a 7,7 kg por día (Chapman y Kretschmer, 1964). Este es uno de los estudios que señala la posibilidad de levantar la limitante en cuanto al contenido de proteína en gramíneas estivales.

En referencia a *Paspalum*, diversos estudios aportan información con respecto a su valor nutritivo. Quintans y Speranza (2013), evaluaron *P. dilatatum* en Uruguay y encontraron que el porcentaje promedio para todo el ciclo de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fue de 9,31%, 71,26% y 40,40% respectivamente. El cultivar Chirú específicamente, obtuvo valores de 9,2%, 70,97% y 40,31%. Resultados similares obtuvo Stockdale (1999) en Australia, donde los valores variaron entre 7,5 y 14,7% de proteína cruda y 61,9-69,9% fibra detergente neutra. Por otro lado, en Estados Unidos, Venuto et al. (2003), evaluaron parámetros de calidad de 15 genotipos de *P. dilatatum* y uno de *P. notatum*: Pensacola. El estudio reveló un promedio entre todos los genotipos evaluados de 7,6% de proteína bruta y 48% de fibra detergente neutra. Pensacola (el único cultivar de *P. notatum* evaluado) presentó similares resultados a la media, siendo de 7,2% de proteína cruda y 48% fibra detergente neutra. En comparación en Uruguay se ha encontrado que el valor nutritivo de *P. notatum* INIA Sepé oscila entre 10- 15% de proteína cruda y 52-65% de digestibilidad; esto va a depender de la cantidad de forraje acumulado, del nivel de nutrientes aplicado y de la cantidad de inflorescencias presentes (Reyno et al., 2019).

Conceptualmente, el valor nutritivo de las pasturas radica en la anatomía, fisiología y bioquímica de la planta (células, tejidos) y en su composición morfológica (distribución y proporción de órganos, Norton, citado por Hacker, 1999), por lo que es de interés conocer las distintas fracciones de una pastura. Las distintas partes de la planta (lámina, tallo, panoja, etc.) presentan distintas proporciones de los tejidos, los cuales son degradados en forma diferencial por los microorganismos del rumen estableciéndose el siguiente orden: los tejidos que más rápidamente son degradados son los parenquimatosos y el floema, le siguen la epidermis y la vaina parenquimatosa, luego el esclerénquima y, por último, el tejido vascular lignificado (Akin, citado por Hacker, 1999). La lámina, presenta alta proporción de tejido parenquimatoso localizado en el mesófilo. Esto le da características de altos contenidos de nitrógeno y carbohidratos no estructurales y por

consiguiente elevado valor nutritivo. Los tallos presentan alta proporción de tejido vascular y de tejidos de sostén, y su valor nutritivo se considera menor respecto a lámina. Desde el punto de vista productivo ganadero, es deseable una alta relación hoja: tallo, es decir, que la mayor proporción de asimilados se destinen a la producción de hojas, lo cual puede ser asociado con la calidad de la pastura.

El aumento en la proporción de tallos está dado porque, a medida que el IAF aumenta, en una pastura, la competencia por luz dentro de la misma incrementa. La señal para destinar la energía a la formación de tallos es generada por receptores de luz capaces de determinar diferencias en relación rojo/rojo lejano (Lemaire, 2001), como mecanismo para evitar el sombreado.

El aumento en la proporción de tallos relacionado con el estado de madurez es otro factor que incide en la calidad nutricional de las gramíneas estivales. Al inicio de la estación de crecimiento el valor nutritivo de las C<sub>4</sub> puede ser considerado excelente, pero como consecuencia del rápido crecimiento y desarrollo que presentan y de la falta de requerimientos ambientales específicos para florecer, ingresan de manera rápida a estado reproductivo y se encuentran elongando tallos durante toda la estación de crecimiento, disminuyendo así su calidad. La digestibilidad de los tallos luego de la floración decae a valores inferiores al de las hojas. Esto está dado por un mayor contenido de lignina, mayor proporción de tejido vascular y las hojas que portan esos tallos poseen mayor proporción de vaina, la cual presenta baja digestibilidad (Ferri, 2014).

### 2.1.2.3 Manejo

El manejo de pastoreo es uno de los principales factores a tener en cuenta para el control de la productividad, calidad y persistencia.

Ferri (2014), expresa que *“las prácticas de manejo, tanto para el uso del forraje diferido como durante la estación de crecimiento, deberían orientarse a optimizar la relación lámina/tallo de la pastura...Dado que la presencia de tallos en la pastura, además de deprimir el valor nutritivo, interfieren con la formación del bocado y con los movimientos de manipulación dedicados a excluir o rechazar los mismos. La materia seca acumulada permitiría predecir la proporción de lámina verde y ajustar la oferta por animal en términos de materia seca de lámina”*. Giorello (2020b), coincide con estas afirmaciones y señala que *“el manejo del pastoreo es la llave para obtener un buen compromiso entre productividad y valor nutritivo del forraje en especies perennes estivales”*.

Korte et al. (1982), postularon el concepto de IAF crítico como criterio de manejo, el cual definieron con la interceptación del 95% de la luz incidente por parte del dosel forrajero. 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. 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 (Parsons y Penning, citados por Giorello et al., 2020a). Si se excede el 95% de intercepción de luz, si bien la acumulación total podría ser superior, esto implicaría 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).

El ajuste del manejo del pastoreo se trabaja comúnmente a través de la altura de la pastura, para el ingreso y salida de los animales en caso de pastoreo rotativo o en alturas promedio para pastoreo continuo. Esta herramienta define fácilmente criterios 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 (INIA, 2015). Las especies forrajeras necesitan un período de descanso entre los ciclos de pastoreo para producir nuevos macollos y nuevas hojas. La respuesta a la defoliación varía según la especie; las especies postradas estoloníferas se beneficiarán de menores alturas de pastoreo que las especies cespitosas y erectas (Boggiano et al., 2005).

Trabajos recientes en Uruguay en *P. notatum* cv. INIA Sepé, determinaron para pastoreos rotativos alturas de entrada de entre 20 y 30 cm y una altura de remanente del 50% de la altura inicial, mientras que en pastoreo continuo la altura promedio recomendada fue de entre 10 y 24 cm (Giorello, 2020b).

En Kenya, al estudiar el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), Odhiambo (1974) señala que, si se pastorea en intervalos de seis a nueve semanas a una altura de 90 cm, aproximadamente, se realizaría una buena utilización de esta gramínea, coincidiendo parcialmente con Bemhaja (2000) quien recomienda para la misma especie, cv. INIA Lambaré, defoliaciones con altura de plantas de hasta 1,2 m, dejando rastrojos remanentes de 30 cm. Este tipo de manejo de la defoliación respetaría la morfología y fisiología de la especie logrando un buen equilibrio entre biomasa aérea y calidad.

En *Paspalum dilatatum* cv. Surenio, la altura de entrada y salida se debe manejar al igual que una festuca; es decir, ingresar a la pastura cuando esta alcanza los 15-18 cm de altura y dejar un remanente de 5 cm. (PGG Wrightson Seeds, 2009)

En *Chloris gayana*, Ruolo (2017) evaluó los efectos de diferentes regímenes de defoliación durante el 2014-2015 con el cv. Épica en Córdoba, Argentina. Ruolo (2017) señala que, si se requiere priorizar cantidad de forraje, será recomendable cortar cada 500 GDD (85 cm de altura de la pastura). En caso contrario, si se requiere priorizar calidad, las defoliaciones deberían realizarse cada 300 GDD (53 cm de altura), quedando a criterio del productor la elección de una u otra alternativa en función de si los objetivos son mejorar la ganancia individual o la producción por hectárea.

Los diversos autores, al evaluar diferentes gramíneas estivales, coinciden en que el correcto manejo del pastoreo es la llave para buscar el equilibrio entre calidad y productividad de estas especies. De allí, la importancia de hallar variables de simple medición como indicadores del óptimo manejo del pastoreo, con el fin de establecer pautas claras para el productor.

### 2.1.3 Desempeño productivo animal en pasturas C4

Como indica Viñoles (2012), en Uruguay, la etapa de entore de vaquillonas coincide, generalmente, con el período estival, por lo que la búsqueda de alternativas gira entorno a que aquellas forrajeras que realicen un alto aporte en este período. Aparece en este marco la *Setaria sphacelata*, la cual permitió mantener ganancias de peso mayores a 0,4 kg/animal/día hasta el otoño en esta categoría. En la Unidad Experimental INIA La Magnolia se obtuvieron tasas de preñez de entre el 80 y 89% en un entore de 60 días con *Setaria sphacelata* como estrategia de alimentación (Viñoles, 2012).

Continuando en el marco de la *Setaria sphacelata*, se realizó en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (INIA), un experimento cuyo objetivo fue evaluar la productividad de la setaria, específicamente el cv. Narok, bajo pastoreo para las condiciones del país. Se utilizaron novillos de 2 años de, aproximadamente, 332 kg de PV inicial y se evaluaron tres dotaciones, alta, media y baja (2,5, 3,6, y 5 novillos/ha, respectivamente). En cuanto a los resultados alcanzados, al inicio (noviembre y principios de diciembre) cuando la pastura se encontraba en estado vegetativo, se obtuvieron tasas de ganancias diarias altas, entre 0,9-1 kg/a/día. A medida que la pastura ingresó en estado reproductivo, los valores fueron disminuyendo, alcanzando en enero valores de 0,7 kg/a/día en las dotaciones media y baja y cayendo a la mitad en febrero y marzo. Por lo tanto, tomando un promedio de todo el período de análisis, se obtuvieron ganancias de en torno a los 0,5 kg/a/día. Si se analiza en términos de producto animal, se constataron valores totales de 224, 372 y 345 kg carne/ha para las dotaciones baja, media y alta, respectivamente. Se podría concluir entonces que, los resultados en términos de producto animal por hectárea fueron buenos, pero, en cuanto a ganancias individuales, estos no fueron tan buenos debido a que las ganancias fueron moderadas (Pravia, 2009).

En concordancia con los resultados obtenidos en Paso de la Laguna (INIA Treinta y Tres), Giorello (2012) describe que, en el segundo y tercer año (2010 y 2011) de producción de la *Setaria sphacelata* cv Narok, en la Unidad La Magnolia, se pastoreó con vaquillonas de 15 meses entoradas, vacas preñadas, terneros destetados y novillos de 1 a 2 años. Los resultados en performance animal variaron entre 0,1 y 1 kg, promediando para el período de pastoreo en 0,5 kg/animal/día. Si se evalúa en kg de carne producidos por hectárea, fueron en torno a los 250 kg/ha con cargas de entre 2 a 10 animales/ha. Los animales utilizados fueron en promedio 3,5 animales de 300 kg/ha.

Breit (2019), realizó un análisis de la especie *Digitaria eriantha*, en la provincia de La Pampa, Argentina y expresó que en los meses de mayor producción tanto en calidad como en cantidad se podrían alcanzar ganancias diarias de peso de 800 g/animal. Sin embargo, si se difiere forraje para el invierno y sobretodo en zonas marginales, solamente se podrían cubrir los requerimientos de mantenimiento de una vaca en gestación sin cría al pie.

Ensayos llevados a cabo en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Anguil (Argentina), mostraron, para la especie *Eragrostis curvula*, que, desde mediados de octubre a mediados de diciembre, con una carga de entre 3 y 6 novillos/ha, se puede obtener un aumento de entre 600 y 800 gramos (Leonhart et al., 2019). Por otro lado, durante el invierno el forraje no es apto para cubrir categorías con requerimientos nutricionales altos ni tampoco como forraje diferido hacia esta época (Leonhart et al., 2019).

#### 2.1.4 Incorporación en sistemas productivos de Uruguay: estado actual, uso, disponibilidad de semillas, limitantes

Como se ha mencionado anteriormente, existen en Uruguay varias especies y cultivares de gramíneas perennes estivales, los cuales han sido objeto de estudio en las últimas décadas. Específicamente se encuentran registrados en el Registro Nacional de Cultivares de INASE (Instituto Nacional de Semillas) los del género *Paspalum*: *Paspalum notatum* cv. Bellaca, cv. Pensacola, cv. TB 42 (INIA Sepé); *Paspalum dilatatum* cv. Sureño, cv. Tweed grass y *Paspalum guenoarum* cv. Chané FCA. También se encuentran registrados el *Pennisetum purpureum* cv INIA Lambaré; *Setaria sphacelata* cv Narok y *Chloris gayana* cv Fine Cut y cv Katambora y *Panicum coloratum* cv Klein Verde (INASE, 2020). Algunas empresas, han comercializado, a lo largo de los años, semillas de algunos de estos cultivares.

Según la información obtenida a partir del Instituto Nacional de Semillas, las especies que han logrado mayor comercialización han sido las del género *Paspalum*. *Paspalum dilatatum* comienza a tener registros de comercialización a nivel nacional, a partir del 2009, con pequeñas cantidades, pero como se puede visualizar en la figura 1, alcanzó un máximo en el 2014 con 36.950 kg semilla y un mínimo en el 2009 con 225 kg de semilla comercializadas en ese año. En cuanto a las importaciones, el 100% de los kg de semilla que se importan son de origen australiano.

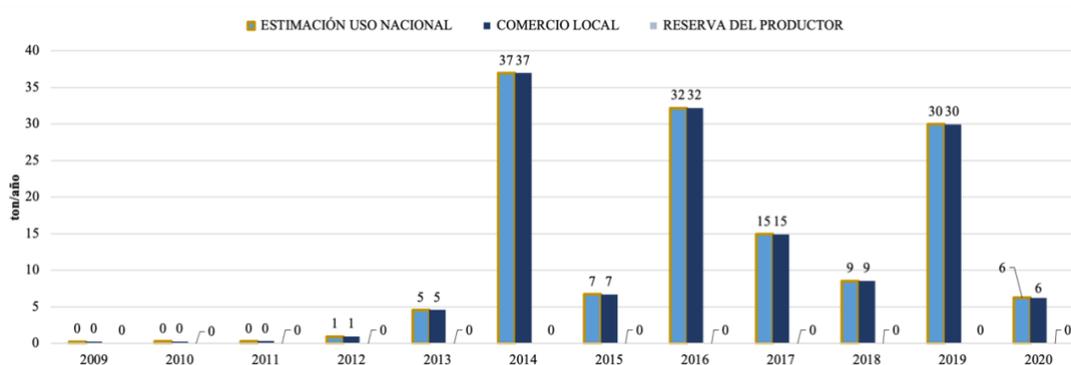


Figura 1. Registro cantidad de semilla en ton. año<sup>-1</sup> para uso nacional, comercio local y reserva de semilla del productor, de *Paspalum dilatatum* en el Uruguay, en las últimas dos décadas

Fuente: INASE (s.f.).

La especie *Paspalum notatum* ha sido comercializada, pero en menor medida y de forma discontinuada a lo largo de los años. El máximo alcanzado se generó en el año 2005 con 10.000 kg de semilla y luego de ese año nunca se han comercializado valores tan altos de semilla (figura 2). En el caso de esta especie, se han importado en el 2005 los 10.000 kg de semilla que se comercializaron en ese año y en el 2011 un total de 20.889 kg de semilla. El 96,8% proviene de Estados Unidos y el restante 3,2% de Australia.

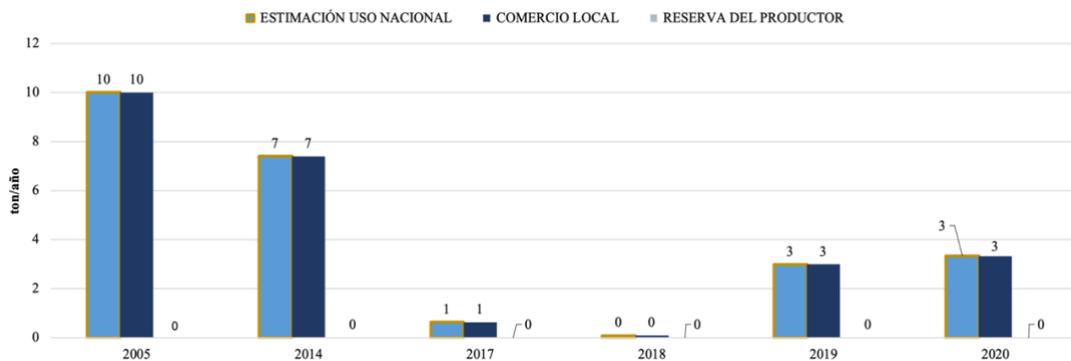


Figura 2. Registro cantidad de semilla en ton. año<sup>-1</sup> para uso nacional, comercio local y reserva de semilla del productor, de *Paspalum notatum* en el Uruguay, en las últimas dos décadas

Fuente: INASE (s.f.).

Otras gramíneas perennes estivales que cuentan con registros de comercialización son *Chloris gayana* y *Setaria sphacelata*. La primera, en el período entre 2007-2020

alcanzó un máximo de 22.565 kg de semilla comercializados en el 2014. Un 98,14% se importa desde Argentina, un 1,01% de Australia y el restante 0,84% de Sudáfrica. La segunda, es la que posee menores registros de comercialización dentro de estas gramíneas con un máximo, en el 2007, de 2520 kg de semilla. Se importa el 59,23% desde Argentina y el 40,77% desde Australia. Por último, también se encuentran registros de comercialización para *Panicum coloratum* (desde el 2009), *Digitaria eriantha* (2012) y *Paspalum guenoarum* (2012, INASE, 2020).

Como indica Formoso (2003), existe un reducido uso comercial de las especies del género *Paspalum* y esto se debe a algunas causas como son el escaso conocimiento de su potencial forrajero y la falta de semilla y su difusión, entre otras. En la década de los 80 se realizaron algunos experimentos de implantación, mezclas forrajeras y malezas. El problema principal a solucionar era la falta de semillas, sobretodo porque se dificultaba la cosecha por la miel, generando que las cosechadoras se pegoteen lo que llevó a una desmotivación en los productores. Como consecuencia, no hubo ni multiplicación ni semilla disponible. El INIA, igualmente, había multiplicado semilla del cv Estanzuela Chirú, altamente difundido en el país, y tuvo semilla disponible para la venta por 5 años, pero por falta de demanda de los productores, se descontinuaron los trabajos.

Por último, como expresa Hacker, citado por Cuña et al. (2012), para que los cultivos forrajeros, cualquiera sea, puedan ser comercializados con éxito, deben producir un rendimiento suficiente en semilla y a la vez, el precio debe ser razonable. Lo que sucede con las gramíneas tropicales, es que además de dificultar la cosecha, como se mencionó anteriormente, las semillas son pequeñas, su maduración es desincronizada y en muchos casos, desgranar después de la madurez. Todo esto, eleva los costos de semilla producida.

Como conclusión, se desprende, que la mayor limitante para la producción en los sistemas, no es la climática que poco podría hacerse para cambiarla, sino la producción de semilla viable y a costos alcanzables por los productores del Uruguay.

## 2.2 EL GÉNERO PASPALUM

### 2.2.1 El valor forrajero del género Paspalum

El género *Paspalum* es uno de los más diversos dentro de la familia Poaceae, con alrededor de 350 especies (Zuloaga y Morrone, citados por Ortiz-Díaz et al., 2015). Si bien económica y productivamente cobraron mayor importancia *P. dilatatum* y *P. notatum*, cabe mencionar otras especies las cuales también han sido estudiadas dentro del género.

*Paspalum urvillei* por ejemplo, tuvo como uno de sus principales objetivos incrementar el nivel de resistencia a *Claviceps paspali*, hongo el cual invade los ovarios fértiles no fecundados generando dificultades en la producción de semillas (Speranza,

2017).

*Paspalum atratum* es otra especie que ha entrado en estudio, en Argentina la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) desarrolló el cultivar “Camba” en 1997, mientras que en Tailandia la Facultad de Agricultura de la Universidad de Kasetsart le llaman “*Ubon paspalum*”. Ambos centros coinciden en que *P. atratum* es un pasto tolerante a suelos ácidos y anegados, lo cual sugiere ser una buena opción posterior a un cultivo de arroz. Produce alrededor de 20 toneladas de MS. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> con valores promedios de 7 % de proteína bruta y 41 % de digestibilidad de la materia orgánica (Marcon et al., 2018). Sin embargo, resultados diferentes se obtuvieron en el estado de Rondonia (Brasil) donde *P. atratum* BRA-009610 produjo entre 1,4 y 6,4 toneladas por hectárea de MS con un contenido de PB entre 6% y 12% (Costa et al., 1999).

En Argentina también se ha trabajado con *Paspalum guenoarum*, desarrollando el cultivar Chané. Este se reproduce por apomixis, una forma de clonación natural. Produce alrededor de 21 toneladas de MS. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> de muy buena calidad desde la primavera al otoño, es perenne y de floración tardía. Tiene una composición proteica de 7,9 % y digestibilidad de la materia orgánica de 44,5 % (Acuña et al., 2012).

Además del uso forrajero, *Paspalum* sp. cuenta con especies de uso ornamental, tal es el caso de *P. vaginatum*, el cual por la textura y por longitud de entrenudos lograda a partir de sucesivos cortes lo hace muy conveniente para ser utilizado como césped ornamental. Reinoso et al. (2016) evaluaron especies nativas para césped en la provincia de Paraná, Argentina, en el cual señalan que “*P. vaginatum se adaptó muy bien a las condiciones climáticas de la zona en el período en que fue evaluado y manifestó muy buena aptitud para su uso como césped, confirmando su supervivencia en períodos de sequía y su buena tolerancia a las altas temperaturas*”. Actualmente este cultivar es utilizado en campos de golf, parques y jardines. Es un buen inmovilizador del suelo en costas arenosas en los trópicos y subtropicos (Zuloaga y Morrone, citados por Ortiz-Díaz et al., 2015).

Si bien la lista de especies de valor dentro del género continúa, en este trabajo se hará énfasis en las dos especies con mayor relevancia: *P. dilatatum* y *P. notatum*, ambas gramíneas perennes C4 y nativas. *Paspalum notatum*, junto con *Cynodon dactylon*, es la gramínea con mayor presencia en Uruguay, cumple un rol fundamental en el ecosistema pastoril evitando la erosión de los suelos gracias a su excelente cobertura en campo natural. Por otra parte, *P. dilatatum* con su destacado valor nutritivo es una de las principales gramíneas responsable de aumentar la calidad del campo natural, siendo deseable su presencia para la producción ganadera. Estas dos especies son conocidas por sus altos rendimientos y buena adaptación al pastoreo, pero presentan hábitos de crecimientos contrastantes: *P. dilatatum* es cespitosa mientras que *P. notatum* es rizomatosa.

### 2.2.1.1 *Paspalum notatum*

Esta especie se utiliza tanto para pastoreo y heno como para control de erosión en diferentes situaciones. Es una gramínea con sistema radicular profundo que se adapta a una amplia gama de suelos, incluyendo livianos y arenosos de baja fertilidad y alta saturación de aluminio (Acuña et al., 2012).

#### Cultivares

Boyero UNNE, fue obtenido por la Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Es el primer cultivar registrado de *P. notatum* apomíctico tetraploide desarrollado por mejoramiento mediante un esquema de hibridación sexual x apomíctica, aprovechando la apomixis y la selección de plantas en la progenie F1. Urbani et al. (2017) señalan que “*puede producir aproximadamente un 19% más de materia seca forrajera que su progenitor masculino apomíctico, excediendo en gran medida (20-51%) el tipo de bahiagrass silvestre que se encuentra actualmente en los pastizales naturales del Noreste de Argentina, y produjo entre un 4 y un 26% más que la variedad Argentine en tres ubicaciones en Florida, EE. UU.*”

Argentine, fue introducido en EEUU en 1944, es considerado por algunos como más apetecible que Pensacola, aunque no es tan tolerante al frío como el mismo. Es susceptible al cornezuelo y no tiene un crecimiento tan temprano en primavera como Pensacola (Chambliss y Sollenberger, 1991).

Paraguay 22, fue introducido de Paraguay en 1947, es similar a Argentine en la tolerancia al frío y hábito de crecimiento, pero sus semillas no son afectadas por cornezuelo (Chambliss y Sollenberger, 1991).

Pensacola, uno de los cultivares más conocidos de *P. notatum*, es de hojas estrechas como las de cv. Paraguay, pero menos peludas. Las semillas al ser más pequeñas se producen más por panoja (en comparación con cv. Paraguay). La semilla germina bien y genera cobertura rápidamente. Es bastante tolerante a las heladas y el crecimiento comienza a principios de la primavera, además, es altamente resistente al cornezuelo (Skerman y Riveros, 1991).

Tifton 9 (*Paspalum notatum* Fluegge subsp. sauræ) fue desarrollado cooperativamente por el USDA, ARS y la Universidad de Georgia y publicado en marzo de 1987 (Burton, 1989). Comparado con Pensacola, Tifton 9 ha producido un 47% más de forraje en ensayos de recorte de parcelas pequeñas. Además, tiene hojas más largas, así como plántulas de mayor vigor (Burton, 1989). La evaluación de laboratorio de la digestibilidad indica que la de Tifton 9 es igual a la de Pensacola (Gates y Burton, 1991).

TifQuick fue creado a partir de una selección dentro de Tifton 9. Luego de una semana en ensayos de invernadero, este cultivar cuadruplica la emergencia en comparación

con la de Tifton 9. Las tasas de emergencia, la altura de las plantas y los rendimientos de la primera cosecha son significativamente mayores. La emergencia y el establecimiento acelerado de TifQuik serán útiles en sistemas de rotación con algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y maní (*Arachis hypogaea* L., Gates et al., 2011).

INIA Sepé, recientemente obtenido y registrado en Uruguay (INASE, 2021), 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 (Giorello, 2020b). Giorello (2020b), expresa que “*durante el primer año la implantación es de lento desarrollo*”. Similares afirmaciones señalan Reyno et al. (2019), quienes calcularon una producción de forraje de 1500-2000 kg MS. ha<sup>-1</sup> en el año de implantación. En cuanto a su adaptabilidad, Giorello (2020b) expresa “*es una especie que 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. El sistema radicular profundo y denso de P. notatum le permite tolerar períodos de sequía, así como también períodos de anegamiento, permaneciendo improductivo, aunque no registrando muerte de plantas*” (Colman y Wilson, citados por Giorello, 2020b).

Si bien se han encontrado respuestas importantes al agregado de nitrógeno, la especie puede implantarse, producir y persistir sin el agregado de insumos.

#### Distribución y usos

Si bien la especie es nativa de América del Sur, se ha esparcido por varias regiones. En Estados Unidos, por ejemplo, se encuentra cultivada en 1.2 millones de hectáreas, tanto para pastoreo como césped (Sumner et al., 1994). Como césped se usa mucho en el área Sur de los Estados Unidos, especialmente a lo largo de las áreas costeras y en Florida. Argentine es la variedad preferida para el área de Florida, mientras que Pensacola se usa en áreas más frías.

Pensacola, se encuentra ampliamente distribuido en el trópico subhúmedo al Este de Australia. Pizarro (2000), señala que “*actualmente se encuentra en forma comercial el cv. Competidor, el cual tiene mayor palatabilidad que el cv. Pensacola, y el cultivar Riba que se utiliza en campos de golf y cobertura en cultivos comerciales de especies arbustivas. No obstante, el área cultivada en estos últimos es muy reducida debido a la baja producción comercial de semilla.*” En este país, la especie es utilizada con buenos resultados con ovinos en pastoreo (O'Reagain, 1993).

En Japón *P. notatum* también está bien adaptado, sobre todo a las regiones de baja altitud del Suroeste de Japón y se utiliza tanto para pasto como para heno. Allí han

habido variadas pruebas de pastoreo en la región de Kyushu (la isla principal del Sur) donde se ha demostrado la aptitud pastoril de la especie (Hirata et al., 2006).

Aunque las plantaciones son menores en comparación con la cantidad cultivada en los EE. UU., *P. notatum* es un importante forraje cultivado en el Sur de Brasil, donde también se ha escapado de las áreas agrícolas (Pozzobon y Valls, citados por Moser et al., 2004).

Arnold (1962), Theron y Booyesen (1966), Murray (1984) coinciden en afirmar que las características del follaje, la resistencia al corte y el contenido de MS y proteína son los factores directamente relacionados con la aceptabilidad de *P. notatum* por los animales en pastoreo.

#### 2.2.1.2 *Paspalum dilatatum*

*Paspalum dilatatum* es una especie que se adapta bien a diferentes condiciones edáficas y a un amplio rango de humedad, siendo tolerante a la humedad excesiva y a sequías (Rosengurtt, Rosengurtt et al., Carámbula, Loreti y Oesterheld, citados por Cornaglia, 2003), en parte debido a su extenso y profundo desarrollo radical (Judd, 1975). Es una especie competitiva, esta característica puede en parte estar ligada a su capacidad de secreción alelopática, como indican los trabajos realizados por Tukey (1969), Remison, Snaydon (1986). Es una especie plástica que tolera pastoreos intensos y aumenta el macollaje en respuesta a la calidad de luz (Deregibus et al., citados por Cornaglia, 2003).

#### Distribución

Esta especie se encuentra ampliamente distribuida en zonas subtropicales de Argentina, Uruguay y Brasil. Aunque además de su centro de origen (América del Sur), se ha logrado dispersar al Sureste de Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, África tropical, entre otros. En Australia esta especie fue introducida en 1870, se cultiva principalmente en el Sureste de Queensland y en la zona costera de New South Wales contribuyendo con la producción ganadera (Pizarro, 2000). En Nueva Zelanda, sin embargo, es muy poco utilizado debido a la escasez de semillas y falta de difusión de la especie entre productores (Belgrave et al., 1990).

#### *P. dilatatum* en Uruguay

En Uruguay el cultivar más estudiado es Estanzuela Chirú, el cual se caracteriza por su ciclo largo, alto potencial de producción, porte erecto y aceptable producción de semillas (Formoso, 2003).

Según Coll (1991), Estanzuela Chirú tiene rendimientos de hasta 600 kg. ha<sup>-1</sup> de semilla limpia con cosechas manuales y 150 kg ha<sup>-1</sup> en cosechas mecanizadas. Sin embargo, Chirú en el presente no está disponible comercialmente en el Uruguay, la

producción de semilla es dificultosa por su pobre sincronización y temprano desgrane, sin mencionar la alta susceptibilidad a Claviceps.

Otra limitante de este cultivar es que se precisa escarificar la semilla, un proceso tedioso para los productores. Coll (1991) señala que en semillas sin escarificar “*se obtiene apenas un 10% de germinación y el resto de la semilla germina escalonadamente a partir de mediados de primavera. El establecimiento de plántulas en primavera es muy dificultoso por la severa competencia con otras especies y recién hacia el verano, cuando el tapiz se abre parcialmente, las oportunidades de establecimiento del Paspalum mejoran, siempre que las lluvias lo permitan. Es por ello que en todos los ensayos efectuados de mezclas con Paspalum, éste comienza a aportar forraje recién a partir de la segunda ‘primavera de vida’*”.

Actualmente en Uruguay, el cultivar de *P. dilatatum* comercialmente disponible es Surenio. Gran parte de la innovación asociada a Surenio radica en la producción de su semilla la cual se importa desde Australia (INASE, 2021).

## 2.2.2 Paspalum en mezclas forrajeras

### 2.2.2.1 Aptitud para mezclas

Paspalum se destaca frente a otras forrajeras por ser una gramínea C4, estas especies se caracterizan por usar con mayor eficiencia el nitrógeno y el agua, y por tanto se adaptarían de mejor forma a los suelos de baja fertilidad y susceptibles a la sequía (Carámbula, 2008). Además, por ser nativas, se adaptan bien a las características agroclimáticas del país y responden con plasticidad frente a diferentes suelos, desde arenosos hasta arcillosos (Almeida, 2003). Complementando mezclas tradicionales con Paspalum, se lograría que al disminuir la calidad de las especies templadas cuando florecen, el Paspalum se convertiría en un buen recurso forrajero, manteniendo la cobertura del suelo durante el verano, la estación más proclive a enmalezar (Acosta, 2003).

### 2.2.2.2 Productividad total

La inclusión del género Paspalum en las mezclas forrajeras parte de la necesidad de mantener la oferta forrajera durante el verano, época donde no solo ocurre la disminución de la producción forrajera de las especies comúnmente utilizadas (festuca, trébol blanco, trébol rojo, etc.) sino que también las altas temperaturas favorecen la invasión de malezas, disminuyendo la perdurabilidad de las praderas.

Acosta (2003), mostró que la incorporación de *P. dilatatum* en distintas mezclas forrajeras causaron aumentos en la producción de materia seca total en todas las pasturas evaluadas, la producción con 0% de incorporación fue de 6594 kg MS. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>, mientras que con un 25% y 50% fue de 8081 y 8663 kg MS. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> respectivamente. La mayor producción de forraje y la menor proporción de malezas se explicaría por un

uso más eficiente de los recursos ambientales disponibles, ya que las especies templadas al disminuir su producción dejan mayor disponibilidad de recursos para el crecimiento del pasto miel y no por malezas (Acosta et al., citados por Acosta et al., 1994).

### 2.2.2.3 Enmalezamiento

Debido a la productividad estival de *Paspalum*, una de sus características es la alta cobertura durante este período, lo cual puede traducirse en menores enmalezamientos en las praderas.

Formoso (2003), expresa sobre *P. dilatatum* “*es un importante competidor de la gramilla (Cynodon dactylon) maleza grave para las pasturas, contribuyendo a la persistencia de la pastura cultivada. Por otro lado, bajo pastoreo es de difícil asociación con las especies templadas comúnmente empleadas, pues requiere una alta presión de pastoreo estivo-otoñal, poco adecuada para sus acompañantes como la festuca, trébol blanco, Lotus corniculatus, etc.*”

Santiñaque y Carámbula (1981), en su estudio comparativo de mezclas complejas y mezclas ultrasimples separadas, registraron una reducción importante de la invasión de malezas estivales en la mezcla ultra simple estival compuesta por *Paspalum* y lotus, siendo de un 14,8% de la producción de materia verde, frente a un 31,7% en la mezcla compleja y 55,3% en la mezcla ultra simple invernal.

Resultados contradictorios encontraron Tejera et al. (2017), quienes estudiaron el efecto de la inclusión de *P. dilatatum* y *P. notatum* en mezclas forrajeras perennes localizadas Uruguay mediante tres tratamientos: mezcla convencional (MC) de festuca, trébol blanco y lotus, mezcla convencional con *P. dilatatum* común (semilla comercial australiana) y mezcla convencional con *P. notatum* (cv. Pensacola). La producción de materia seca en malezas fue de 81, 71 y 87 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, y el % de cobertura por parte de las mismas fue de 4, 4 y 6% respectivamente para cada tratamiento (MC, MC+Pd, MC+Pn). Frente a estos resultados, Tejera et al. (2017), señalan lo siguiente, “*las mezclas no se diferenciaron en verano como podría esperarse. Seguramente las bajas precipitaciones registradas en dicha estación durante el período de estudio imposibilitaron el crecimiento de las especies impidiendo que se expresen las diferencias entre las mezclas*”.

En resumen, ambas especies en mezclas forrajeras generan una mayor producción y mejor distribución de forraje de calidad. Además, la incorporación de las mismas genera una reducción en el enmalezamiento de verano (Santiñaque y Carámbula, 1981).

## 2.3 ATRIBUTOS MORFOFUNCIONALES COMO INDICADORES DE ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS

### 2.3.1 Características morfofuncionales en *Paspalum spp.*

Los rasgos funcionales son características físicas y químicas de las plantas que pueden utilizarse como indicadores, para predecir o explicar distintos procesos, estrategias o respuestas de las plantas ante diferentes condiciones ambientales (Lavorel y Garnier, citados por Cornelissen et al., 2003). Estas diferentes características funcionales están asociadas a estrategias en el uso de recursos por parte de cada especie. La ‘decisión’ de las especies de dónde y cómo asignar los recursos disponibles conlleva a tener un mayor o menor éxito (en términos de crecimiento, reproducción o supervivencia) en el ambiente.

Existe un consenso sobre una lista corta de características de las plantas (relativamente fáciles y económicas de medir) que podrían ser la base de dichas clasificaciones funcionales de plantas, porque tienen un fuerte poder predictivo de respuestas importantes de los ecosistemas al cambio ambiental. Estas características son los atributos foliares y los principales, en gramíneas, son: contenido de materia seca foliar (CMSF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), resistencia de la lámina a la tensión (RLT) y contenido de N foliar.

En este trabajo se analizaron cuatro características en particular que son, área foliar, contenido de materia seca, área foliar específica y resistencia de lámina al corte.

El contenido de materia seca ha sido promovido como indicador del uso de recursos porque se relaciona con la tasa de crecimiento (Gross et al., citados por Jaurena et al., 2012). Además, es fácil de medir, menos variable entre réplicas y muestra menor correlación con el espesor de la hoja que el área foliar específica (Wilson et al., citados por Jaurena et al., 2012). AFE (área foliar específica) es una de las principales variables que afecta el crecimiento de las plantas, ya que favorece cambios en la razón del área foliar y en la eficiencia fotosintética en el uso del nitrógeno (Bultynck et al., 1999). Ésta varía con la intensidad lumínica y la época del año (Lee et al., 2003). Una elevada área foliar específica está relacionada a especies con altas demandas de luz y con altas concentraciones de nitrógeno en las hojas, hojas las cuales se tornan más frágiles y más apetecibles (Lusk, 2002). Aquellas hojas con menor AFE serán hojas más densas, las cuales tienen una alta correlación con un mayor contenido de lignina, menor concentración de N, mayor tamaño celular y menor humedad (Castro et al., 2000). Además de los rasgos estructurales, la composición química también puede explicar el funcionamiento de las plantas. Por ejemplo, una alta concentración de nitrógeno en la hoja se ha relacionado con una elevada tasa de crecimiento relativo (Cornelissen et al. 1996, Villar et al. 2006).

Jaurena et al. (2012), seleccionaron 23 gramíneas perennes (invernales y estivales) y realizaron un análisis de las respuestas de los rasgos a la intensidad del pastoreo y luego una clasificación de grupo funcional en 3 grupos: especies incrementadoras (mayor cobertura a alta carga ganadera), decrecientes (cobertura superior a una baja carga ganadera) y el resto se clasificó como neutral (no significativo). Los resultados observados frente a los principales cambios relacionados con la intensidad del pastoreo fueron consistentes con estudios previos que informaron disminución de pastos altos de estación fría con el aumento en intensidad de pastoreos (Manley et al., 1997). Conforme a un aumento de presión de pastoreo, Jaurena et al. (2012) registraron un mayor dominio de gramíneas perennes estivales, con hábito de crecimiento postrado, perenne de hojas anchas con un contenido de MS bajo y área foliar alto. Estos patrones de respuesta representan una compensación funcional vinculada con las estrategias de especies de uso de recursos y crecimiento de plantas en diferentes ambientes, donde las especies altas estarían mejor adaptadas para capturar recursos a bajas intensidades de pastoreo, pero son menos resistentes bajo altas intensidades, esto se puede explicar a que estas gramíneas tienen menor índice de área foliar después del pastoreo, menor órganos de reserva y sus puntos de crecimiento están más expuestos a daño comparado con pastos postrados (Cingolani et al., 2005).

Los resultados de Jaurena et al. (2012), coincidieron con los hallazgos de Cruz et al. (2010) quienes destacaron al contenido de MS y área foliar específica como los rasgos que mejor describieron la respuesta asociada con el aumento de carga animal.

En el estudio, *Paspalum notatum* fue clasificado como especie incrementadora (mayor cobertura a alta carga ganadera), dentro del grupo de tipo funcional C: plantas de altura corta a mediana con hojas anchas, área foliar específica alta, bajo contenido de materia seca y hojas tiernas. Junto con *P. notatum* también clasificaron en el mismo grupo las especies *Axonopus affinis*, *Coelorachis selloana* y *Steinchisma hians*. Es importante mencionar que dentro de *Paspalum notatum* existe variabilidad entre biotipos (saurae y latiflorum), lo cual refleja las distintas estrategias adaptativas de esta especie (Do Canto et al., 2019).

Cruz et al. (2019), realizaron una clasificación funcional de 63 Poáceas comunes de los pastizales naturales de Sudamérica, donde analizaron también el contenido de MS y el área foliar específica. Como especies nativas de América del Sur, *Paspalum dilatatum* Poir y *Paspalum notatum* fueron estudiadas, obteniendo valores de 262 mg/kg en contenido MS y 22 m<sup>2</sup>/kg en área foliar específica en la primer especie nombrada y 298 mg/kg y 19 m<sup>2</sup>/kg para la segunda. No es menor mencionar que se midieron 138 individuos en *P. dilatatum* y 521 en *P. notatum*. Los autores señalan que “caracterizar las especies a través de sus rasgos funcionales permite orientar el uso del recurso al aplicar el tratamiento adecuado a su composición, aumentar la diversidad de tipos de vegetación y favorecer, de esta manera, el escalonamiento de la producción entre distintos potreros”.

Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se analizó una tercera característica morfofuncional: resistencia a la rotura de hojas. La resistencia a la rotura de hojas (RES) es un indicador que refleja la proporción de tejidos estructurales en relación a los tejidos metabólicos en las gramíneas (Wright y Ilius, 1995). Indirectamente, se puede utilizar para clasificar las especies según la calidad de su forraje, y por ende su palatabilidad (Cruz et al., 2019).

Cruz et al. (2019), analizaron esta característica (en conjunto con otras) para treinta y ocho gramíneas perennes recolectadas con colegas de la red nacional del proyecto DivHerbe. Si bien *Paspalum* no fue analizado, la información obtenida es de utilidad para futuras comparaciones. En el trabajo la resistencia a la rotura de hojas osciló en valores mínimos de 0,58 MN/m<sup>2</sup> y máximos de 1,1 MN/m<sup>2</sup>. Ejemplos de especies con alta resistencia al corte fueron *Brachypodium pinnatum* y *Helictotrichon sulcatum*, especies de bajo valor nutritivo. Mientras que las especies con baja resistencia fueron *Festuca rubra*, *Cynosurus cristatus* y *Briza media*.

En resumen, el atributo resistencia al corte se considera que refleja la calidad prensil del forraje, el cual influye en el consumo y en la selección por parte del animal. De allí a que se lo consideró, en el trabajo, un importante indicador a analizar en *Paspalum*.

Habiendo mencionado todas estas variables, la hipótesis de este trabajo es que existen diferencias entre los tres cultivares de *Paspalum* en la producción de forraje y valor nutritivo, así como también, las diferentes frecuencias de corte modifican dichas variables.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES DEL ÁREA EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Localización

La investigación se realizó en un ensayo instalado en la Unidad Experimental Glencoe de INIA, situado en Cañada del Pueblo, Paysandú, a 130 km de la ciudad de Tacuarembó, sobre Ruta Nacional No. 26 al Oeste. El período de estudio comprendido fue desde el 19 de diciembre de 2019 hasta el 24 de marzo del 2020.

El campo se ubica sobre Formación Arapey, y el ensayo se encuentra sobre suelo perteneciente al grupo CONEAT 12.22. Este se caracteriza por lomadas fuertes (3 a 6% de pendiente) y suaves (1-3%), donde los suelos predominantes son vertisoles háplicos y brunosoles éutricos.

##### 3.1.2 Antecedentes y manejo del área experimental

El experimento fue establecido en la primavera del 2013. El antecesor en ese sitio era una pradera vieja. Las densidades de siembra de las diferentes variedades fueron: *Paspalum dilatatum* Estanzuela Chirú 20 kg. ha<sup>-1</sup> con un porcentaje de germinación del 54%; *Paspalum notatum* INIA Sepé 25 kg. ha<sup>-1</sup> con un porcentaje de germinación del 25% y, por último, *Paspalum notatum* Pensacola 25 kg. ha<sup>-1</sup> con un porcentaje de germinación del 50%. En los siete años que lleva de evaluación se han realizado variados cortes.

Cuadro 2. Producción promedio anual (kg MS. año<sup>-1</sup>) de cada cultivar desde el inicio del experimento

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
	2 cortes	3 cortes	5 cortes	4 cortes	3 cortes	2 cortes
	kg MS. año <sup>-1</sup>					
<b>INIA Sepé</b>	1818,6	6402,7	7136	6793	2826,2	4415,2
<b>Estanzuela Chirú</b>	5102,7	9667,7	5325,8	7468,1	3819,8	4187,2
<b>Pensacola</b>	1901,6	7383,7	7109,4	7613,7	2974,1	5447,8

Como puede observarse en el cuadro 2, el primer año de evaluación se hicieron dos cortes, en los siguientes entre tres y cinco, en el quinto año hubo seca, por esto se observa una caída en el rendimiento y en el último, para el cual se tiene información, dos cortes. La fertilización del experimento consistió en P a la siembra y refertilizaciones anuales de 40 unidades; y 100 kg de urea luego de cada corte. Previo a instalar los

tratamientos de la tesis se hicieron dos cortes de uniformización a 5 cm de altura, uno en octubre y el otro en diciembre del 2019.

### 3.1.3 Diseño experimental y tratamientos

Los tratamientos consistieron en tres variedades forrajeras cada una con tres períodos de acumulación: *Paspalum dilatatum* ‘Estanzuela Chirú’, *Paspalum notatum var. latiflorum* ‘INIA Sepé’ y *Paspalum notatum var. sauræ* ‘Pensacola’ con períodos de acumulación de 600, 1200 y 2400 grados días (GDD).

El diseño experimental utilizado fue de bloques divididos (parcelas divididas en bloques con subparcelas en franjas, figura 3). En donde la parcela grande, de cinco metros de largo por dos de ancho, está conformada por la variedad y ésta se encuentra subdividida en tres subparcelas, las cuales comprenden los diferentes intervalos de corte. Esto determina que la unidad experimental es la combinación variedad con intervalo de corte. Se realizaron cuatro bloques para cada tratamiento a modo de contar con repeticiones para cada uno de ellos.

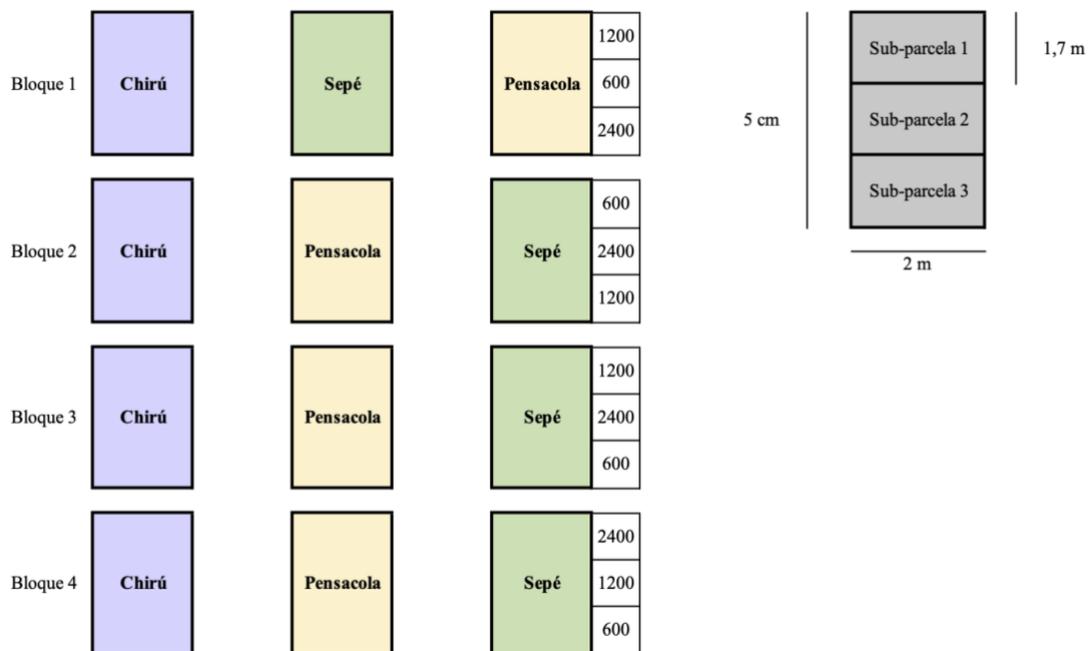


Figura 3. Croquis representativo de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental

### 3.1.4 Caracterización climática del período de estudio

En la figura 4 se muestra la comparación entre las precipitaciones acumuladas mensuales registradas durante el período de evaluación y los promedios históricos (2003-2020) para la Estación Experimental INIA Glencoe, Tacuarembó. A partir de esta comparación se puede caracterizar al período como de déficit hídrico, sobretudo, en la etapa en que las especies estivales muestran su pico de crecimiento.

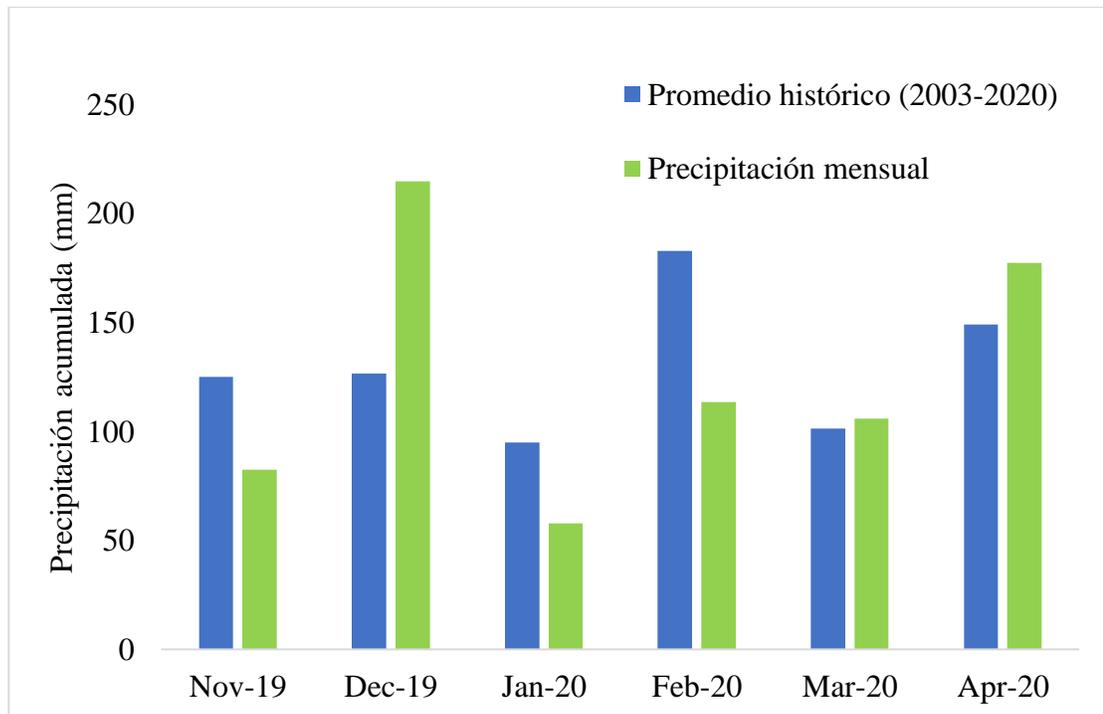


Figura 4. Precipitaciones acumuladas mensuales (mm) en los meses de noviembre y diciembre del 2019 y enero, febrero, marzo y abril del 2020 y los promedios históricos (2003-2020) para estos meses

Fuente: INIA. GRAS (s.f.).

### 3.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y VARIABLES ANALIZADAS

Las variables estudiadas fueron la producción de materia seca; la curva de acumulación de forraje; la composición morfológica en porcentaje y kg de materia seca por hectárea de lámina, pseudotallo, panoja y material muerto; los parámetros morfofuncionales, resistencia de lámina a la tensión, contenido de materia seca foliar, peso seco, área foliar y área foliar específica; y los parámetros de calidad: proteína cruda, digestibilidad y fibra detergente neutra, para tres cultivares del género

Paspalum (Estanzuela Chirú, INIA Sepé y Pensacola) con diferentes frecuencias de corte, medidas en tiempo térmico (grados día). La utilización del tiempo térmico (GDD) como modo de definir frecuencia de corte se utilizó a modo de independizar el manejo de pastoreo de las variaciones térmicas estacionales.

El experimento comienza con el corte de uniformización realizado el 19 de diciembre, a partir del cual se computaron los grados días correspondientes a los tratamientos de acumulación de forraje. Para la estimación de los GDD, se utilizó la temperatura media del aire de cada día para la locación mencionada considerando una temperatura base de cero grados.

La metodología de muestreo se basó en una fase inicial de trabajo de campo y, posteriormente, otra fase de trabajo en el laboratorio. Se realizaron cuatro muestreos, basados en la acumulación térmica, desde enero a finales de marzo del 2020. En cada muestreo se midió la altura del forraje disponible con rising plate y se determinó la acumulación de forraje dejando un remanente de 5 cm.

El muestreo se realizó con tijera de aro en dos cuadrados de 50 cm x 50 cm en cada subparcela. La muestra proveniente de uno de los cuadros se utilizó para determinar la composición del forraje, separando las fracciones lámina, pseudotallo, panojas, malezas y restos secos. Las muestras de ambos cuadros fueron pesadas para obtener el peso verde y luego secadas en estufa de aire forzado a 60°C por 72 horas. Posteriormente se determinó el peso seco y porcentaje de materia seca de cada componente de las muestras.

Para la determinación de las características morfofuncionales, se siguieron las recomendaciones de los protocolos propuestos por Cornelissen et al. (2003) y se cortaron diez macollos por subparcela (que no mostraran síntomas de patógenos o herbívoros). Para conservarlos en condiciones hasta el análisis, se los colocó en bolsas de nylon envueltos en papel humedecido y se mantuvieron en una conservadora con hielo (a los efectos de minimizar los procesos de respiración y transpiración). Una vez en el laboratorio, se dejaron en vasos plásticos con agua destilada durante seis horas. Luego, a la hoja expandida más joven (L1) de cada macollo, se le midió el peso verde (PV), el área foliar, la resistencia de la lámina a la tensión (RLT), el peso seco (PS), el contenido de MS (CMS) y el área foliar específica (AFE).

En primer lugar, se tomaron las hojas recién expandidas de cada macollo (con lígula) y se pesaron luego de las 6 horas de embebidas (peso verde, PV). Posteriormente, se las escanearon con un medidor de área foliar (CI-202 CID, Scanman, Logitech), se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas para conocer el peso seco (PS) y a partir de éste, se calculó el contenido de materia seca (MS de hoja por peso verde de hojas saturadas en agua destilada, g kg<sup>-1</sup>). Por último, con la información recabada, se calculó AFE (área de hoja por unidad de peso seco, m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>).

La resistencia de la lámina a la tensión (N mm<sup>-1</sup>. ancho de hoja) se midió en la sección central de la hoja utilizando un tensiómetro portátil (Imagen 1) descrito por Hendry y Grime (1993). El ancho de la hoja se midió como el ancho máximo en las mismas 10 hojas utilizadas en los primeros rasgos, utilizando un calibre Vernier digital.

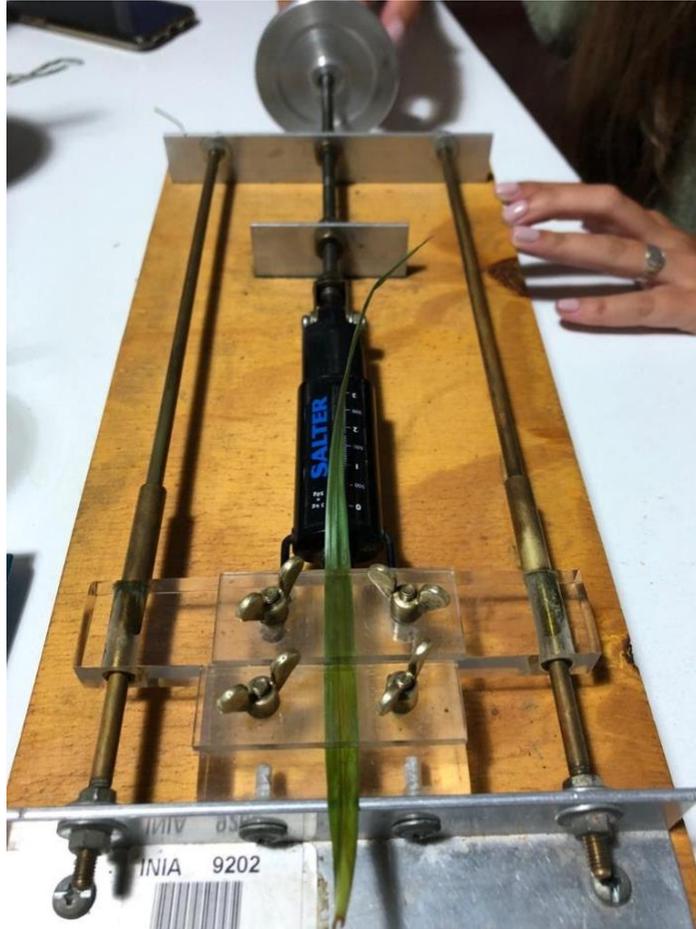


Imagen 1. Tensiómetro utilizado para medir la resistencia de la lámina foliar al corte

Por último, para la determinación de los parámetros de calidad (valor nutritivo) se procedió a moler las muestras de planta entera, por un lado, y la fracción lámina por otro, mediante una moladora. Una vez molidas, las muestras fueron procesadas en NIRS (espectrómetro de infrarrojo cercano marca Pertem, Modelo DA 7250), instrumento que permite medir la espectrometría de masas, para obtener, específicamente, los datos de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Para la obtención de la digestibilidad se utilizó la fórmula de estimación de la digestibilidad a partir de la FDA (Lithourgidis et al., 2006), la cual se detalla a continuación:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = [(88,9 - (\% \text{FDA} \times 0,779)]$$

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental utilizado en este experimento fue el de parcelas divididas. Todas las mediciones realizadas sobre las distintas variedades para las variables producción de materia seca, las morfológicas y las morfofuncionales fueron analizadas utilizando el PROC MIXED del paquete estadístico SAS. En cambio, para el análisis de los parámetros de calidad, se optó el PROC GLIMMIX. En ambos casos, se declararon significativas las diferencias cuando  $p < 0,05$ , según el modelo que se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \delta_{ij} + I_k + \gamma_{ik} + TI_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

i: 1, 2, 3, 4 (Bloques)

j: 1, 2, 3 (Tratamientos)

k: 1, 2, 3, 4 (Intervalos de corte)

Dónde:

$Y_{ijk}$  es la variable de respuesta;  $\mu$  es la media poblacional;  $B_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo bloque ( $i = 1, 2, 3, 4$ );  $T_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo tratamiento ( $j = \text{Chirú, Sepé, Pensacola}$ );  $I_k$  es el efecto del  $k$ -ésimo intervalo de corte ( $k = 600, 1200, 2400 \text{ GDD}$ );  $TI_{jk}$  es el efecto de la interacción entre la  $j$ -ésima variedad y el  $k$ -ésimo intervalo de corte;  $\delta_{ij}$  es el error asociado a la parcela mayor en la  $j$ -ésima variedad y el  $i$ -ésimo bloque;  $\gamma_{ik}$  es el error asociado a la parcela menor en el  $k$ -ésimo intervalo de corte y el  $i$ -ésimo bloque y, por último,  $\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental (residual) asociado a la  $j$ -ésima variedad utilizada y el  $k$ -ésimo intervalo de corte en el  $i$ -ésimo bloque.

Para todas las variables analizadas la comparación de medias fue realizada a través del Test de Tukey con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

Se realizó un análisis de regresión con el objetivo de modelar una respuesta de la variable dependiente (Y), en este caso, la curva de acumulación de forraje para cada cultivar y la variable independiente (X) grados días o frecuencias de corte. Accesoriamente se realizó un análisis multivariado comparando las regresiones entre todos los cultivares y todas las frecuencias de corte.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ALTURA DE LA PASTURA

Al momento de muestreo, la altura varió según la frecuencia de corte (figura 5); a continuación, se presenta un gráfico con la evolución de la altura para cada cultivar a lo largo de los distintos muestreos, a modo de contextualizar las condiciones del forraje.

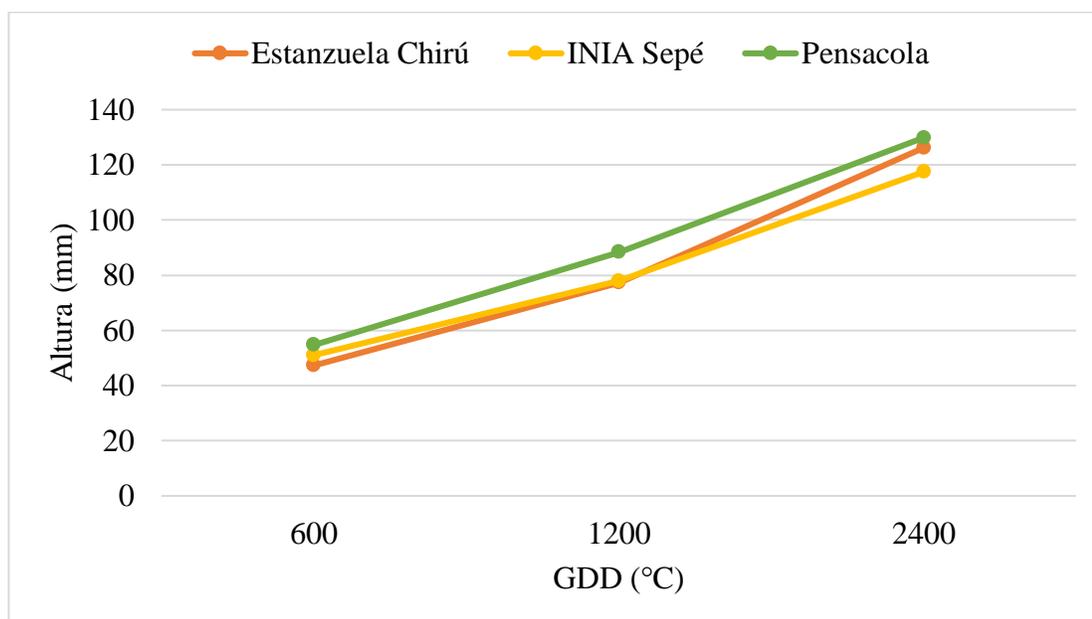


Figura 5. Evolución de la altura de la pastura para los cultivares *P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú, *P. notatum* cv. INIA Sepé y *P. notatum* cv. Pensacola

La altura de forraje no presentó diferencias entre cultivares; solamente entre frecuencias de corte. Esto se explica porque las tres frecuencias fueron diferentes entre ellas. A su vez, en 2400 GDD se alcanzaron los máximos en altura para los tres cultivares.

### 4.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

En el cuadro 3 se presentan los kg de materia seca producidos por hectárea para los 3 cultivares, en cada frecuencia de corte evaluada (600, 1200 y 2400 GDD).

Cuadro 3. Producción de materia seca por corte en kg por hectárea según cultivar y frecuencia de corte

kg MS. ha <sup>-1</sup>			
	600	1200	2400
<b>Pensacola</b>	433 <b>Ca</b>	1253 <b>Ba</b>	2905 <b>Aa</b>
<b>INIA Sepé</b>	428 <b>Ca</b>	1294 <b>Ba</b>	2219 <b>Ab</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	361 <b>Ca</b>	1081 <b>Ba</b>	1854 <b>Ab</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

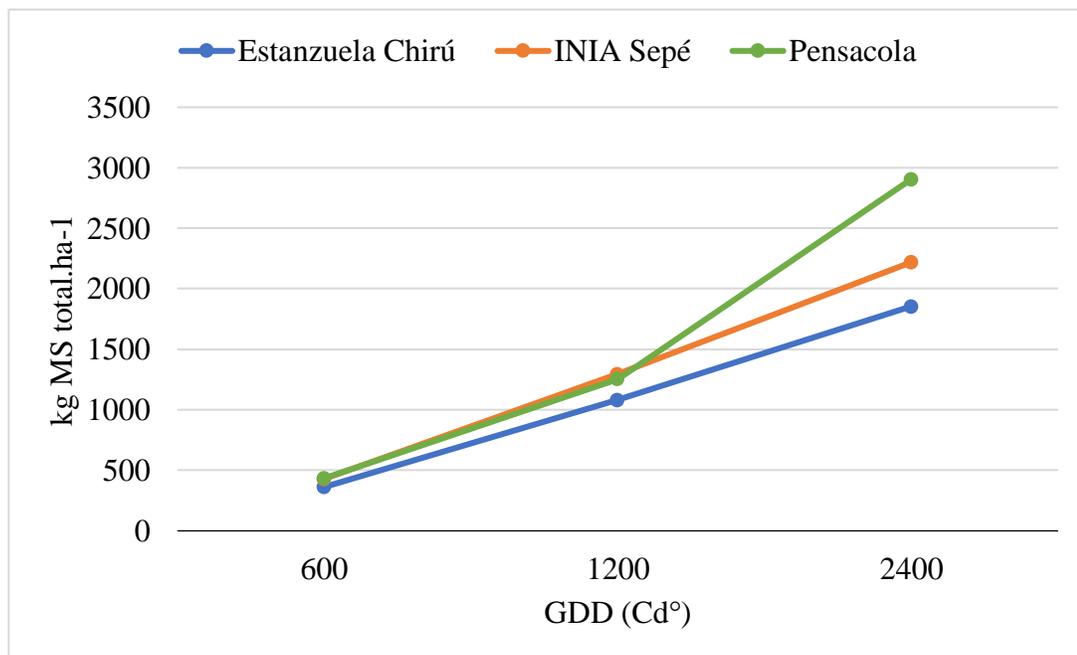


Figura 6. Producción de forraje medida en kg. ha<sup>-1</sup> de MS según cultivar y frecuencia de corte

La producción de materia seca varió ( $p < 0,05$ ) con la frecuencia de corte, siendo la frecuencia de 2400 GDD la que presentó mayores valores para los tres cultivares. Dentro de esta frecuencia (2400), Pensacola presentó valores mayores que Sepé y Chirú, mientras que en las restantes frecuencias de corte (600 y 1200 GDD) no hubo diferencias entre cultivares.

Es importante mencionar que para cada cultivar, tanto en la frecuencia de 600 GDD como en 1200 GDD, existieron diferencias entre los muestreos. La frecuencia de 600 GDD tuvo cuatro muestreos, mientras que para 1200 GDD fueron dos y uno para 2400 GDD. Las frecuencias más intensas (600 GDD) son más afectadas por las condiciones puntuales de cada muestreo mientras que las menos intensas (2400 GDD) pueden compensar un período de estrés con períodos de alto crecimiento. En ese caso, la variación de los períodos de crecimiento está integrada al valor del muestreo, mientras que en las frecuencias más intensas la media de distintos muestreos compensa los períodos de mayor y menor crecimiento.

Cuadro 4. Producción de materia seca acumulada (kg. ha<sup>-1</sup>) según cultivar y frecuencia de corte

<b>kg MS total acumulada</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	1446 <b>Ba</b>	2162 <b>Ab</b>	1854 <b>Ab</b>
<b>INIA Sepé</b>	1715 <b>Ca</b>	2589 <b>Ba</b>	2219 <b>Ab</b>
<b>Pensacola</b>	1734 <b>Ca</b>	2506 <b>Bab</b>	2905 <b>Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas (p<0,05).

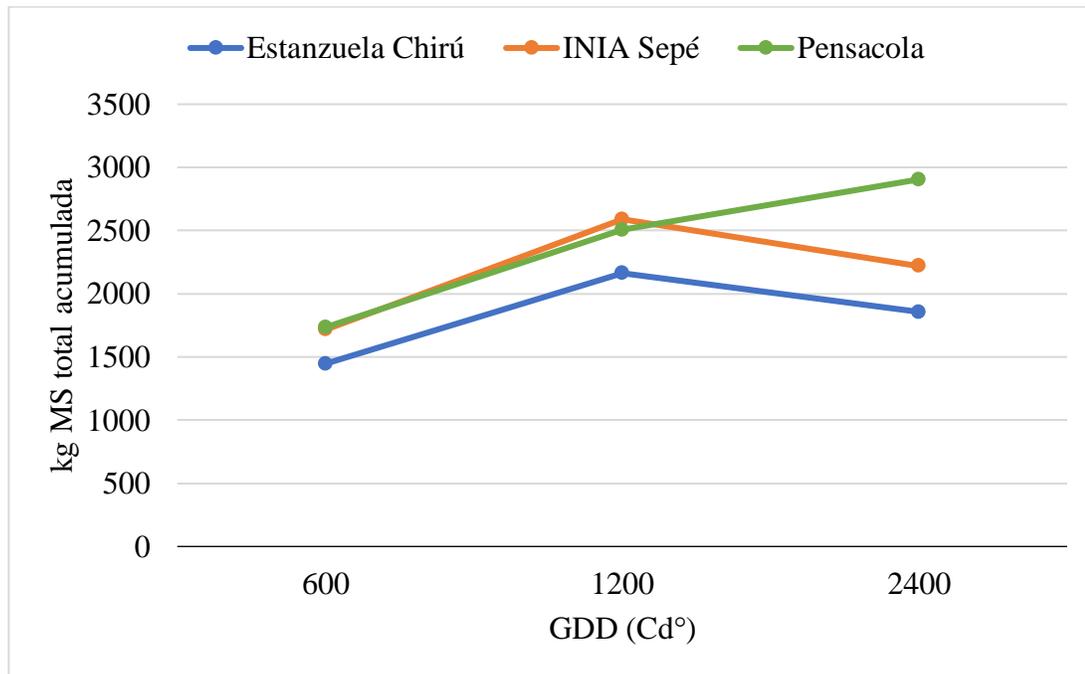


Figura 7. Producción acumulada de forraje medida en kg. ha<sup>-1</sup> de MS según cultivar y frecuencia de corte

Como tendencia general, el intervalo de frecuencia de pastoreo de 600 GDD es el que presentó menor cantidad de materia seca acumulada, coincidiendo con Ferri et al. (2012), quienes evaluando *Panicum coloratum* L. según intervalos de corte “*incrementos en la frecuencia de la defoliación (IC menores) determinó disminuciones (p<0,05) en la acumulación de materia seca por planta e incrementos (p<0,05) en la longitud de lámina verde acumulada por macollo*”. Como se puede observar en el cuadro 4 y figura 7, lo mismo se vio reflejado.

En cuanto a los valores obtenidos en las frecuencias 1200 y 2400 GDD, se encontraron diferencias para Sepé y Pensacola, pero no para Chirú. Esto puede estar explicado por el déficit hídrico que sufrieron los ensayos durante este intervalo, lo cual, se vio reflejado en que la producción acumulada para la frecuencia de 2400 GDD fue menor a la esperada. En situaciones hídricas normales, la mayor espera en el corte hubiese permitido una mayor acumulación de forraje. Sin embargo, Pensacola logró diferencias en acumulación en los 2400 GDD a pesar de estas condiciones climáticas, esto lo hace menos dependiente al régimen hídrico respecto a Chirú.

En cuanto al efecto cultivar, Chirú presentó una menor producción para la frecuencia de 1200 GDD respecto a los restantes. Mientras que en los 2400 GDD, Pensacola destacó su producción.

Comparando con otros autores, se puede ver la incidencia del efecto déficit hídrico sobre los ensayos en estudio.

Cuadro 5. Agua disponible en suelo según fecha de corte

<b>Fecha de corte</b>	<b>Rango de agua disponible en suelo (%)</b>
<b>13 de enero</b>	61 - 80
<b>5 de febrero</b>	21- 40
<b>3 de marzo</b>	0 - 20
<b>24 de marzo</b>	41 - 60

Fuente: INIA. GRAS (s.f.).

Giorello (2020b), señala que la tasa de crecimiento promedio de noviembre a abril para INIA Sepé es aproximadamente 45 kg MS. ha<sup>-1</sup>. d<sup>-1</sup>, logrando máximos de crecimiento de 90 a 100 kg MS ha<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> en la segunda quincena de enero. En este trabajo Sepé promedio una tasa de crecimiento de 27 Kg MS/ha/d, aunque si coincide que los máximos de crecimiento ocurrieron en el mes de enero.

Respecto al cultivar Estanzuela Chirú, Formoso y Allegri (1983) resaltan que en suelos arenosos la máxima tasa de crecimiento ocurre en el mes de febrero, siendo de 124 kg MS ha<sup>-1</sup>. d<sup>-1</sup>. En cambio, en suelo arcilloso (Planosol) la máxima producción tuvo lugar en el mes de diciembre con una producción de 141,8 kg MS ha<sup>-1</sup>. d<sup>-1</sup> para el mismo. Notorias diferencias ocurrieron en este trabajo donde Chirú promedió una tasa de crecimiento de 22 kg MS ha<sup>-1</sup>. d<sup>-1</sup>, con máximos en el mes de enero, la falta de lluvia incidió en menores tasas de crecimiento.

Se realizó un análisis de regresión donde se compararon las curvas de acumulación por grados días por cultivar para lo cual se usó el promedio de producción de forraje de cada parcela (cuadro 6). La regresión que dio significativa, en todos los casos, es la lineal. Esto indica que se podría utilizar una frecuencia aún mayor a la de 2400 GDD y las plantas seguirían acumulando MS. No se alcanzó la fase donde los incrementos son decrecientes, término cuadrático, lo cual se testeó en este trabajo no siendo significativo.

Cuadro 6. Análisis de regresión comparando las curvas de acumulación por grados días por cultivar

<b>Regresión</b>				
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>β<sub>1</sub></b>	<b>EE</b>	<b>P-valor</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	0,96	0,79	0,049	<0,0001
<b>INIA Sepé</b>	0,97	1,16	0,042	<0,0001
<b>Pensacola</b>	0,98	0,94	0,062	<0,0001

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) indica la proporción de la variabilidad de la producción de forraje ( $Y_i$ ) que está explicada por el modelo, siendo altamente proporcional para los tres casos.

Por otro lado, el coeficiente de regresión ( $\beta_1$ ) indica, para cada cultivar, cuánto es el aumento en producción a medida que se acumula un grado día. Se puede observar cómo el cultivar Sepé es el que tiene una mayor pendiente, por lo que es el que más aumenta su producción por unidad de aumento de la variable GDD, es decir, aumenta 1,16 kg por GDD por hectárea.

#### 4.3 COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA

Identificar la frecuencia de pastoreo que permita una mayor relación lámina/tallo es clave para utilizar la pastura con el más alto valor nutritivo posible.

A continuación, se presentan los cuadros 7, 8, 9 y 10, donde se muestran los porcentajes y los kg de materia seca obtenidos en cada fracción de la planta, para cada cultivar y en las tres frecuencias de corte en estudio.

Cuadro 7. Fracción lámina en kg. ha<sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte

<b>Lámina</b>						
	<b>600</b>		<b>1200</b>		<b>2400</b>	
	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	82 <b>Aa</b>	315 <b>Ba</b>	77 <b>Aa</b>	809 <b>Aa</b>	53 <b>Ba</b>	991 <b>Aa</b>
<b>INIA Sepé</b>	63 <b>Aa</b>	297 <b>Ca</b>	57 <b>Aa</b>	762 <b>Ba</b>	52 <b>Aa</b>	1405 <b>Aa</b>
<b>Pensacola</b>	71 <b>Aa</b>	316 <b>Ca</b>	66 <b>ABa</b>	863 <b>Ba</b>	48 <b>Ba</b>	1171 <b>Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas (p<0,05).

En el caso de la fracción lámina, tanto para el porcentaje como para los kg de materia seca por hectárea, se encontraron diferencias (p<0,05) para el efecto frecuencia de corte (cuadro 7). Para el cultivar INIA Sepé no se encontraron diferencias en cuanto al porcentaje de lámina en ninguna de las frecuencias de corte. La diferencia está dada, entonces, por los cultivares Estanzuela Chirú y Pensacola, obteniéndose, para el primero, los menores valores de porcentaje de lámina en 2400 GDD (53,7%) y para el segundo, diferencias entre 600 (71,5%) y 2400 GDD (48,7%). Para kg de MS por hectárea hubo diferencias entre todas las frecuencias, siendo 2400 GDD la que obtuvo mayores valores para INIA Sepé (1405,5 kg MS. ha<sup>-1</sup>) y Pensacola (1171,3 kg MS. ha<sup>-1</sup>) y, 1200 y 2400 GDD para Estanzuela Chirú.

Cuadro 8. Fracción pseudotallo en kg. ha<sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte

<b>Pseudotallo</b>						
	<b>600</b>		<b>1200</b>		<b>2400</b>	
	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	5 <b>Aa</b>	13 <b>Ba</b>	10 <b>Aa</b>	106 <b>ABb</b>	12 <b>Aa</b>	234 <b>Ab</b>
<b>INIA Sepé</b>	21 <b>Aa</b>	79 <b>Ca</b>	24 <b>Aa</b>	245 <b>Ba</b>	20 <b>Aa</b>	466 <b>Aa</b>
<b>Pensacola</b>	13 <b>Aa</b>	54 <b>Ba</b>	16 <b>Aa</b>	145 <b>Bab</b>	20 <b>Aa</b>	613 <b>Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas (p<0,05).

Si se analiza la fracción pseudotallo, en porcentaje, no se encontró significancia para ninguno de los efectos. Se presentan las medias de la interacción entre efecto cultivar y efecto frecuencia de corte (cuadro 8) donde se puede comprobar lo antes expresado; no hubo variaciones en el porcentaje de pseudotallo ni entre los cultivares, ni entre las distintas frecuencias de corte. Por otra parte, si se analiza la fracción kg de MS, se encontraron diferencias entre cultivares, GDD y para la interacción entre cultivar y GDD (cuadro 8). Para los tres cultivares, se obtuvieron mayores kg de MS. ha<sup>-1</sup> en la frecuencia de 2400 GDD (y 1200 GDD en el caso de Chirú). En cuanto al efecto cultivar, en 600 GDD no hubo diferencias; en 1200 GDD hubo diferencias entre Sepé (245,54 kg MS. ha<sup>-1</sup>) y Chirú (106,03 kg MS. ha<sup>-1</sup>) y en 2400 GDD, Chirú se diferenció por ser el cultivar que menos kg de MS obtuvo (234,25 kg MS. ha<sup>-1</sup>).

Cuadro 9. Fracción material muerto en kg. ha<sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte

<b>Material muerto</b>						
	<b>600</b>		<b>1200</b>		<b>2400</b>	
	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Estanzuela</b>	<b>9 Ba</b>	<b>26 Ca</b>	<b>12 Ba</b>	<b>158 Ba</b>	<b>34 Aa</b>	<b>629 Ab</b>
<b>Chirú</b>						
<b>INIA Sepé</b>	<b>4 Bb</b>	<b>17 Ba</b>	<b>5 Bb</b>	<b>78 Bb</b>	<b>26 Ab</b>	<b>581 Ab</b>
<b>Pensacola</b>	<b>3 Cb</b>	<b>15 Ca</b>	<b>8 Bb</b>	<b>93 Bb</b>	<b>30 Aab</b>	<b>886 Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas (p<0,05).

Los resultados obtenidos para la fracción material muerto muestran que, en porcentaje, no existió diferencia en la interacción entre cultivar y frecuencia de corte, pero sí para el efecto cultivar y frecuencia por separado (cuadro 9). En la frecuencia de corte 2400 GDD se alcanzó el mayor porcentaje de material muerto para los tres cultivares; lo mismo sucede por cultivar donde Chirú (18,60%) alcanzó el mayor porcentaje. Analizando la fracción en cuanto a kg de MS. ha<sup>-1</sup>, se puede observar cómo si existió interacción entre cultivar y GDD (cuadro 9). En 600 GDD, no hubo diferencias entre las medias de los cultivares. En 1200 GDD se destacó Chirú (158,16 kg MS. ha<sup>-1</sup>) mientras que Sepé y Pensacola fueron iguales (78,84 y 93,71 kg MS. ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Y en 2400 GDD, el cultivar con mayores kg de MS. ha<sup>-1</sup> fue Pensacola (886,02) siendo Sepé y Chirú iguales (581,40 y 629,45 kg MS. ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Cuadro 10. Fracción panoja en kg. ha<sup>-1</sup> de MS y contribución porcentual a la materia seca, según cultivar y frecuencia de corte

<b>Panoja</b>						
	<b>600</b>		<b>1200</b>		<b>2400</b>	
	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>kgMS.ha<sup>-1</sup></b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	<b>2 Aa</b>	<b>5 Aa</b>	<b>0 Aa</b>	<b>7 Aa</b>	<b>0 Aa</b>	<b>0 Aa</b>
<b>INIA Sepé</b>	<b>10 Aa</b>	<b>46 Aa</b>	<b>12 Aa</b>	<b>149 Ba</b>	<b>0 Aa</b>	<b>0 Aa</b>
<b>Pensacola</b>	<b>11 Aa</b>	<b>33 Ca</b>	<b>8 Aa</b>	<b>208 Ba</b>	<b>0 Aa</b>	<b>0 Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

La última fracción a analizar fue la de panoja (cuadro 10). En ningún caso, es decir, ni para porcentaje ni para kg MS. ha<sup>-1</sup>, se generó interacción entre cultivar y frecuencia de corte. Para porcentaje de panoja, no hubo diferencias ni entre cultivares ni entre GDD. No obstante, en kg de MS. ha<sup>-1</sup> el efecto frecuencia de corte fue evidenciado en 1200 GDD para INIA Sepé y en Pensacola en todos los cortes. Estanzuela Chirú no presentó diferencias en los distintos manejos.

A continuación, se presentan las figuras 8, 9 y 10 las cuales muestran la composición, para cada cultivar, de las distintas fracciones en kg MS. ha<sup>-1</sup> mostrando, también, cómo fueron las variaciones de las proporciones a medida que se aumenta la frecuencia de corte.

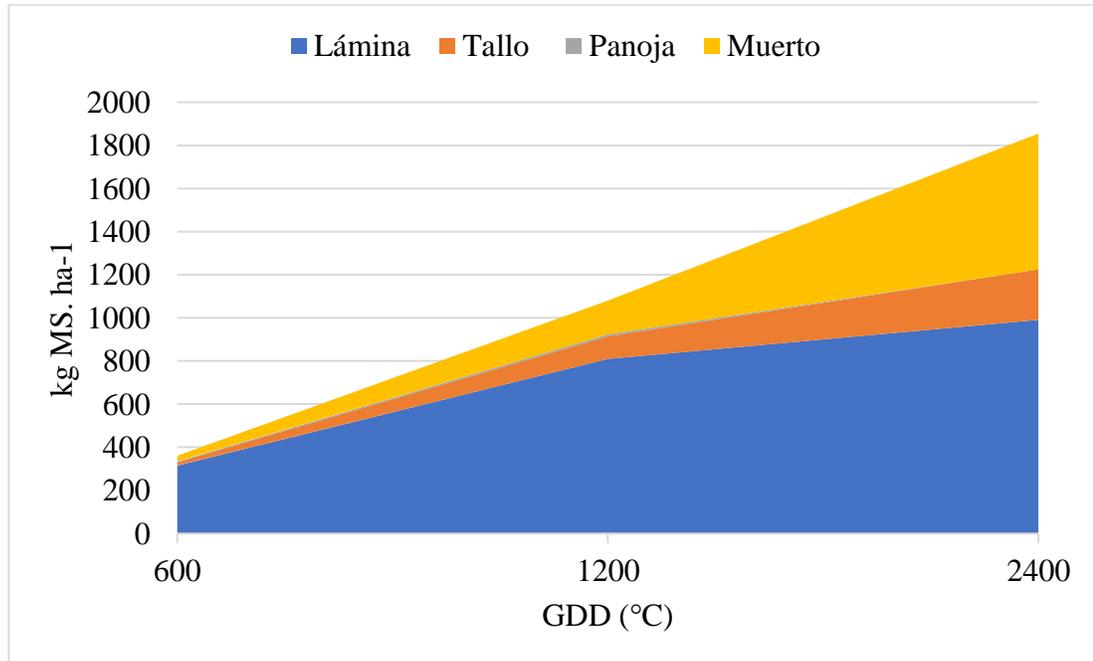


Figura 8. Composición morfológica en kg. ha<sup>-1</sup> de MS acumulada para *P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú

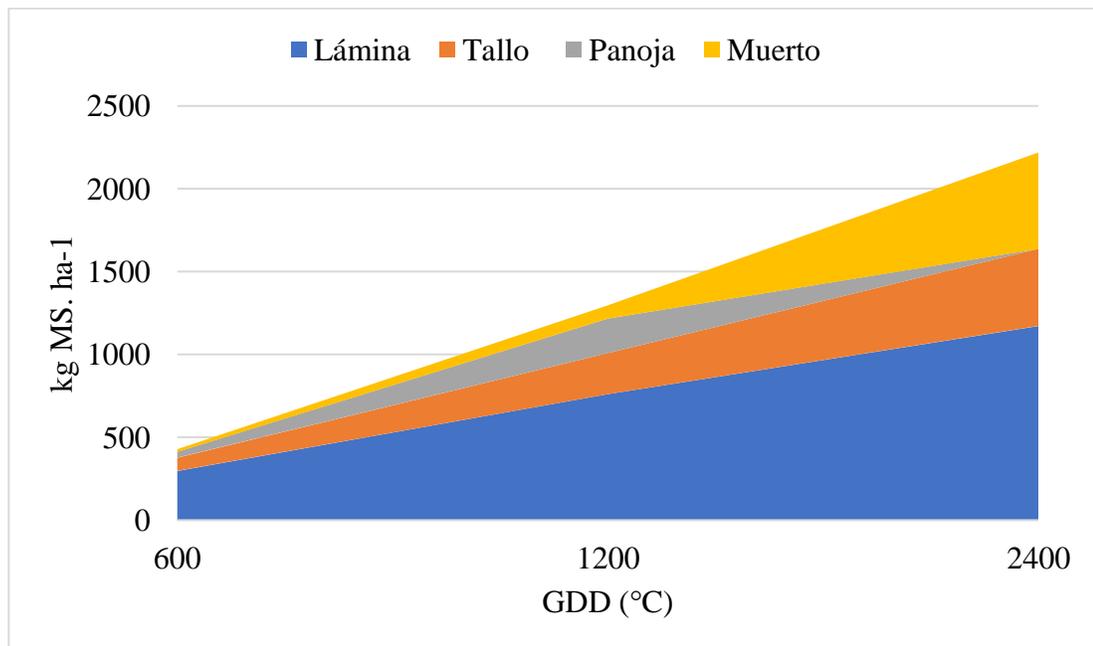


Figura 9. Composición morfológica en kg. ha<sup>-1</sup> de MS acumulada para *P. notatum* cv. INIA Sepé

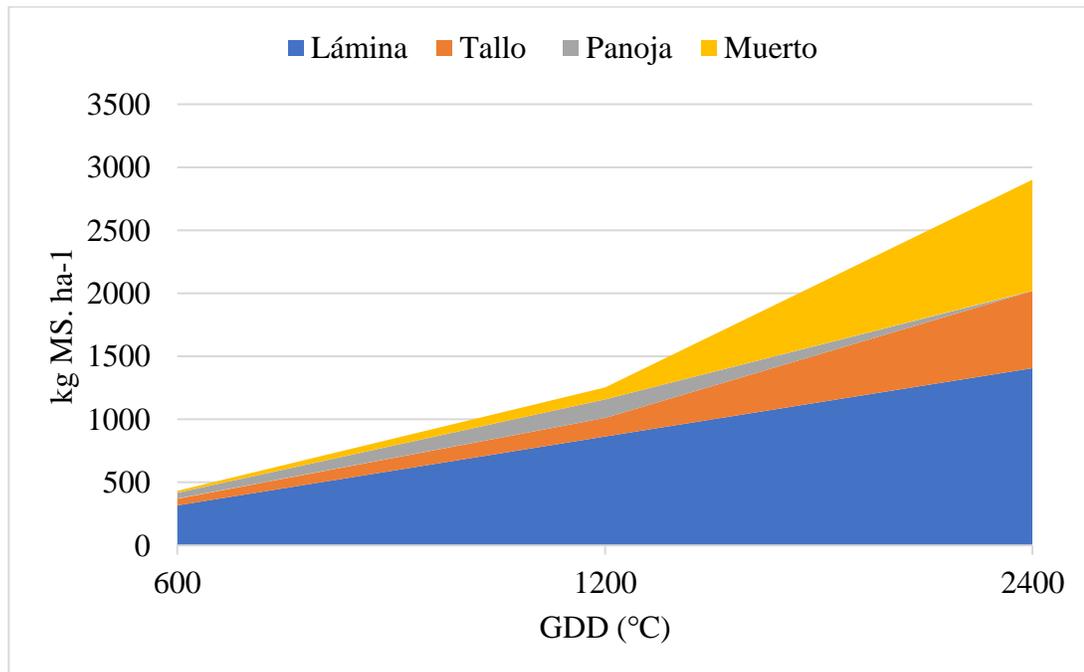


Figura 10. Composición morfológica en kg. ha<sup>-1</sup> de MS acumulada para *P. notatum* cv. Pensacola

La fracción que más interesa a la hora de hablar de producción es la fracción cosechable que sería los kg de lámina. Como se mencionó anteriormente, las grandes diferencias ocurrieron cuando se modificó el manejo de la pastura, es decir, con el cambio de frecuencias de corte. En este sentido, el cultivar Pensacola es el que se destacó en cuanto a producción de forraje en 2400 GDD, frecuencia en la cual todos los cultivares obtuvieron su máximo en producción de forraje por hectárea. Pero, cabe destacar que, esta superioridad en producción no está explicada por una mayor producción en kg de lámina, sino por las fracciones kg de tallo y kg de material muerto.

Estos resultados coinciden con Nabinger (1998), el cual señala que el material muerto incrementa a medida que el desarrollo de la pastura continua, y con ello empieza a haber sombreo que acelera dicha senescencia. Dicho autor señala que, a partir de un determinado punto, hay una estabilización de la biomasa verde o cosechable y se vuelve asintótica y estable, ya que se establece un equilibrio entre la formación de nuevas hojas y la senescencia de las viejas, que determina que la MS verde se mantenga estable en el tiempo. Sin embargo, la biomasa total sigue acumulándose, ya que es la suma de biomasa senescente y la verde. Resultados similares se encuentran en el cuadro 4, en el cual la menor acumulación de forraje para los tres cultivares ocurre a una frecuencia de 600 GDD.

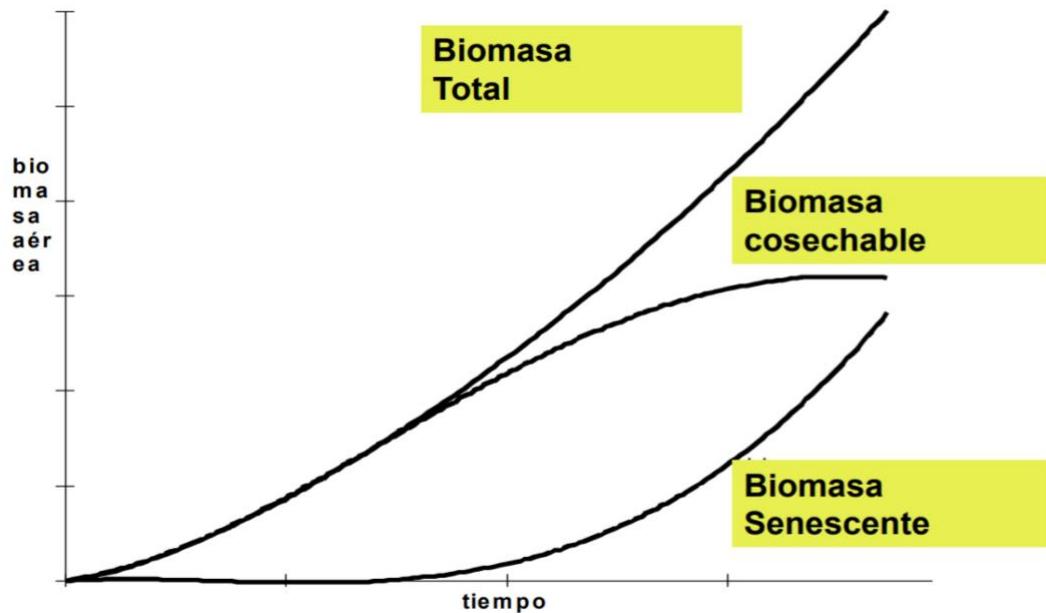


Figura 11. Evolución de la producción primaria y de la producción cosechable en el tiempo

Fuente: Nabinger (1998).

Por otra parte, los resultados también coinciden con Skerman y Riveros, Galli y Carámbula, citados por Hagopián y Moreli (2015), los cuales, expresaron que las especies C4, en general, poseen alta capacidad de producir materia seca y crecimiento vigoroso luego del pastoreo, debido a sus altas tasas de crecimiento. Pero, estas altas tasas de crecimiento van acompañadas de una continua diferenciación y elongación de tallos de rápido desarrollo, que tienden a encañar rápidamente. Los tres cultivares, presentaron mayores kg de MS de pseudotallo en la frecuencia de 2400 GDD (Chirú 234,25; Sepé 466,37 y Pensacola 613,53 kg MS/ha).

Tomando como referencia lo expuesto por Nabinger (1998), se realizó un gráfico que muestra el comportamiento o la evolución de la producción de biomasa cosechable ( $\text{kg MS. ha}^{-1}$ ) a medida que transcurre el tiempo, en este caso tiempo medido en grados días ( $^{\circ}\text{C}$ ).

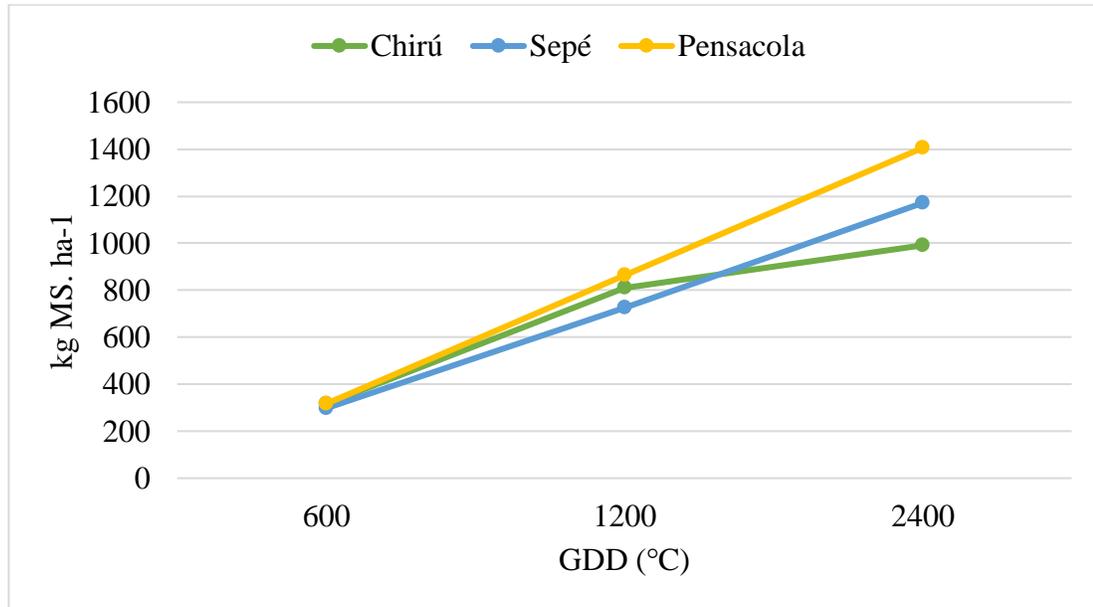


Figura 12. Evolución de la fracción lámina en kg. ha<sup>-1</sup> de MS para cv. Estanzuela Chirú, INIA Sepé y Pensacola, según tres frecuencias de corte

Parece importante resaltar la producción de biomasa cosechable en la figura 12, para los tres cultivares. Se puede observar cómo Sepé y Pensacola tienen un crecimiento lineal, mientras que Chirú tiene un crecimiento lineal hasta 1200 GDD y a partir, de ese punto, el crecimiento ocurre a menores tasas, reflejándose lo expresa en el cuadro 6 (regresión). El hecho de que tanto Pensacola como Sepé crezcan de manera lineal aun en la frecuencia de corte de 2400 GDD, podrían estar indicando que, si se aumenta aún más la frecuencia, la biomasa cosechable sería mayor aún.

#### 4.4 PARÁMETROS MORFOFUNCIONALES (ATRIBUTOS FOLIARES)

##### 4.4.1 Peso seco y área foliar

Estas dos variables son las determinantes del área foliar específica. En los cuadros presentes a continuación se puede apreciar cómo en el caso del peso foliar, se encontraron diferencias en el efecto frecuencia de corte solo para 2400 GDD. En tanto para el efecto cultivar, existieron diferencias entre los tres evaluados.

En el área foliar existieron diferencias entre los 2400 y 600 GDD, y Chirú fue el cultivar con mayor promedio.

Cuadro 11. Peso seco promedio de la lámina foliar en gramos por frecuencia de corte

<b>Peso seco foliar (g.lámina<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2400</b>	0,057 <b>A</b>
<b>1200</b>	0,042 <b>B</b>
<b>600</b>	0,042 <b>B</b>

Cuadro 12. Peso seco promedio de la lámina foliar en gramos por cultivar

<b>Peso seco foliar (g.lámina<sup>-1</sup>)</b>	
<b>Estanzuela Chirú</b>	0,069 <b>A</b>
<b>INIA Sepé</b>	0,045 <b>B</b>
<b>Pensacola</b>	0,028 <b>C</b>

Cuadro 13. Promedio de área de la lámina foliar en cm<sup>2</sup> por frecuencia de corte

<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>.lámina<sup>-1</sup>)</b>	
<b>2400</b>	6,09 <b>A</b>
<b>1200</b>	4,82 <b>AB</b>
<b>600</b>	4,18 <b>B</b>

Cuadro 14. Promedio de área de la lámina foliar en cm<sup>2</sup> por cultivar

<b>Área foliar (cm<sup>2</sup>.lámina<sup>-1</sup>)</b>	
<b>Estanzuela Chirú</b>	7,36 <b>A</b>
<b>INIA Sepé</b>	4,42 <b>B</b>
<b>Pensacola</b>	3,31 <b>B</b>

Como tendencia, en los 2400 GDD se obtienen mayores valores tanto en peso como en área foliar. Al disminuir los cortes, pudo haber ocurrido que el follaje comenzara a sombrarse, lo cual implicaría un esfuerzo de la planta por aumentar largo de hoja, y con ello tejido de sostén, obteniendo mayores valores de peso seco foliar. Si bien largo de hoja no fue una medida evaluada, el área foliar podría correlacionar positivamente, y como se ve en el cuadro 14, la misma tuvo como tendencia mayores valores en los 2400 GDD.

Es de esperar que ambos (peso y área) aumenten al disminuir la frecuencia de corte, pero las distintas magnitudes hacen que el AFE sea diferente.

#### 4.4.2 Área foliar específica

La variable área foliar específica es una aproximación para estimar la dureza de la hoja y por tanto su palatabilidad. Entre más área foliar desarrolle una pastura por unidad de peso, más tierna y más digerible es para el animal. Desde el punto de vista productivo, conviene tener gramíneas que presenten una alta área foliar específica (Atencio et al., 2014).

Además, permite conocer la estrategia de uso de los recursos de la planta, donde se logra diferenciar si la misma invierte más asimilados en la captación de luz (área foliar) o en tejidos estructurales para defensa y soporte (peso seco).

En el cuadro 15 se presentan los valores obtenidos, donde no se encontraron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre las frecuencias de corte ni entre cultivares.

Podría haberse esperado que la frecuencia de corte con menor área foliar específica sea la de 2400 GDD, donde la mayor espera en el corte influenciaría en una mayor deposición de tejidos estructurales, un aumento en la dureza de la hoja, mayor peso seco y por ende menor AFE. En general el largo de hoja es mayor con mayores periodos de acumulación, lo cual también requiere más tejido de soporte (Saldanha, 2009).

El hecho de que las distintas frecuencias de corte no presentaran diferencias en área foliar específica podría insinuar la escasa plasticidad de los cultivares frente a los distintos manejos dado que no son capaces de cambiar su estrategia adaptativa.

Cuadro 15. Área foliar específica promedio en  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  por frecuencia de corte

AFE ( $\text{cm}^2\text{g}^{-1}$ )	
<b>600</b>	121 A
<b>1200</b>	120 A
<b>2400</b>	112 A

\*(AFE = área foliar/peso seco foliar)

En cuanto a los cuatro muestreos (fechas de corte) realizados, todos presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellos. Por lo que un mayor número de los mismos podría haber sido necesario para aumentar la certeza de las medias.

#### 4.4.3 Resistencia de lámina a la tensión

La resistencia al corte es una medida física la cual está vinculada al consumo animal y a la preferencia. La fibra deprime el consumo voluntario por medio del efecto en el aumento de la resistencia al quiebre durante la masticación, es así que una menor resistencia a la ruptura o aprehensión por parte del animal favorece un mayor nivel de consumo. En el cuadro 16 se presentan los valores obtenidos.

Cuadro 16. Resistencia de lámina a la tensión en  $N. mm^{-1}$  por cultivar

<b>Resistencia de lámina a la tensión (<math>N.mm^{-1}</math>)</b>	
<b>Pensacola</b>	<b>2,93A</b>
<b>INIA Sepé</b>	<b>2,56 B</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	<b>2,24 C</b>

No se mostraron diferencias para el efecto frecuencia de corte, pero si para el efecto cultivar ( $p<0,05$ ). Pensacola es el cultivar que presentó mayor resistencia al corte, lo cual podría indicar una menor palatabilidad frente a los restantes.

Cuadro 17. Diferencias entre muestreos en  $N. mm^{-1}$  para la frecuencia de corte de 600 GDD, en la variable RLT

<b>Resistencia de lámina a la tensión (<math>N.mm^{-1}</math>) 600 GDD</b>	
Muestreo	
<b>2</b>	<b>A</b>
<b>1</b>	<b>AB</b>
<b>3</b>	<b>BC</b>
<b>4</b>	<b>C</b>

\*Muestreo 1= 13 enero, muestreo 2= 6 febrero, muestreo 3=3 marzo, muestreo 4= 24 marzo

En el cuadro 17 se puede observar como el muestreo 2 fue diferente del 3 y el 4. Sin embargo, el 2 y el 1 no tuvieron diferencias, así como tampoco entre el muestreo 3 y 4. Esto sugiere un grado más de confianza frente a las medias respecto a la variable AFE, donde como fue mencionado anteriormente, todos los muestreos fueron diferentes entre ellos.

#### 4.4.4 Contenido de materia seca foliar

Un mayor contenido de materia seca implica una mayor proporción de tejidos de sostén, se suele relacionar esta variable con la tasa de crecimiento y como un indicador de calidad. El contenido de MS foliar presenta una relación negativa con área foliar específica y, por el contrario, presenta una relación positiva con la resistencia al corte de lámina. Sin embargo, el cuadro 17 muestra resultados diferentes, dado a que el contenido de MS no presentó diferencias para ninguna frecuencia ni cultivar, mientras que las otras variables sí lo hicieron.

Además, no se encontraron diferencias entre los muestreos para esta variable.

Por otro lado, aquellas especies que presentan un mayor CMSF presentan una mayor vida media foliar (explicado por una mayor proporción de tejidos estructurales) lo cual resulta en una menor digestibilidad (Garnier et al., 2015). Probablemente un mayor número de repeticiones en el estudio podría haber evidenciado diferencias entre los cultivares y/o frecuencias.

Cuadro 18. Contenido de materia seca foliar en mg. g<sup>-1</sup> por frecuencia de corte

CMS (mg. g <sup>-1</sup> )	
<b>600</b>	32,2 A
<b>1200</b>	31,3 A
<b>2400</b>	34,0 A

Los tres atributos foliares mencionados anteriormente se asocian con la calidad del forraje, AFE y CMS no presentaron diferencias entre GDD ni cultivar, mientras que RLT sí presentó diferencias entre cultivares. Podría plantearse una hipótesis de que este último parámetro deja en evidencia con un menor número de muestreos, las diferencias entre los cultivares respecto a calidad.

Es importante mencionar que la medición de RLT se la realiza con el material fresco tal como se mencionó en el capítulo de materiales y métodos, mientras que AFE y CMS pasa por una mayor manipulación antes de obtener las mediciones ya que requieren de procesos como el secado, etc. Por lo tanto, es posible que, esta mayor manipulación se traduzca en mayores errores experimentales, lo cual no pudo evidenciar diferencias entre los cultivares con el número de muestreos realizados.

A grandes rasgos, los datos obtenidos no serían suficientes para sugerir que los tres cultivares se agrupen en un mismo grupo funcional. Un mayor número de

evaluaciones, que abarquen diferentes años y localidades serían adecuados para una aproximación más precisa.

#### 4.5 PARÁMETROS DE CALIDAD

##### 4.5.1 Proteína cruda

En el cuadro 19 se presentan los valores de proteína cruda en lámina. Independientemente de los demás factores, hay diferencias en PC de lámina causada por el efecto GDD. Esta diferencia está explicada por la frecuencia de 600 GDD para INIA Sepé y Pensacola. Para Estanzuela Chirú, la proteína cruda en lámina no difirió entre los GDD.

Cuadro 19. Contenido porcentual de proteína cruda en lámina según cultivar y frecuencia de corte

<b>PC lámina (%)</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	13 <b>Aa</b>	10 <b>Aa</b>	11 <b>Aa</b>
<b>INIA Sepé</b>	12 <b>Aa</b>	10 <b>Ba</b>	10 <b>Ba</b>
<b>Pensacola</b>	13 <b>Aa</b>	9 <b>Ba</b>	10 <b>Ba</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En el cuadro 20 figuran las diferencias en GDD y en cultivares para proteína cruda en planta entera. El cultivar Chirú alcanzó mayores porcentajes en planta entera en 600 GDD, no por un mayor contenido de PC en lámina sino por una menor proporción de tallos y material muerto (cuadros 8 y 9). Lo mismo ocurre en 1200 GDD, sin embargo, las diferencias desaparecen con acumulaciones de 2400 GDD donde todos presentaron bajas proporciones de lámina (cuadro 7). Considerando solo el efecto GDD, el contenido de PC es más alto en 600 y disminuye con la mayor espera, sin diferencias entre 1200 y 2400 GDD.

Cuadro 20. Contenido porcentual de proteína cruda en planta entera según cultivar y frecuencia de corte

<b>PC planta entera (%)</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	14 <b>Aa</b>	11 <b>Ba</b>	9 <b>Ba</b>
<b>INIA Sepé</b>	10 <b>Ab</b>	8 <b>Bb</b>	8 <b>Ba</b>
<b>Pensacola</b>	10 <b>Ab</b>	9 <b>Bb</b>	8 <b>Ba</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Resultados similares a los presentados en los cuadros 19 y 20 se describen en el trabajo de Giorello (2020b), respecto al contenido de proteína cruda en gramíneas estivales, el cual afirma que es usualmente menor al de especies templadas, registrándose valores de 10 - 15% durante el ciclo de producción, y tan bajos como 4 - 8% durante invierno. Minson (1967) también coincide con estos valores cuando señala que las gramíneas estivales presentan una media de PC de 10,6%.

#### 4.5.2 Digestibilidad

En el caso de la digestibilidad (estimada a partir de FDA) para la fracción lámina, no existieron diferencias entre cultivares pero sí entre frecuencias de corte. La digestibilidad de la lámina del cultivar Estanzuela Chirú no se vio afectada por los GDD, pero los cultivares Sepé y Pensacola, en la frecuencia 2400 GDD, difieren de los demás (cuadro 21). Es decir, que la diferencia entre GDD está explicada por la diferencia ocurrida en INIA Sepé y Pensacola en 2400 GDD.

Cuadro 21. Digestibilidad en porcentaje (a partir de FDA) de lámina según cultivar para tres frecuencias de corte

<b>Digestibilidad lámina (%)</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	58 Aa	55 Aa	50 Aa
<b>INIA Sepé</b>	59 Aa	56 Aa	50 Ba
<b>Pensacola</b>	58 Aa	60 Aa	51 Ba

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Si se analiza la digestibilidad de la planta, al igual que en el caso de la de lámina, la diferencia entre cultivares no fue significativa, solamente fueron significativas las diferencias entre GDD. Esta diferencia entre frecuencias de corte está explicada por las diferencias que ocurrieron en todos los cultivares, en las distintas frecuencias (cuadro 22). Para Estanzuela Chirú y Pensacola los menores valores de digestibilidad se obtuvieron en 2400 GDD y en el caso del cultivar INIA Sepé, la diferencia existió entre 600 y 2400 GDD. Es de resaltar que, porcentualmente, INIA Sepé es el cultivar que pierde menos digestibilidad por el aumento de acumulación de forraje, le sigue Pensacola y, por último, el cultivar Estanzuela Chirú es el que presenta las mayores pérdidas.

Cuadro 22. Digestibilidad en porcentaje (a partir de FDA) de planta entera según cultivar para tres frecuencias de corte

<b>Digestibilidad planta entera (%)</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	60 Aa	55 Aa	50 Ba
<b>INIA Sepé</b>	58 Aa	56 ABa	51 Ba
<b>Pensacola</b>	59 Aa	57 Aa	51 Ba

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Minson y McLeod (1970) encontraron valores similares de digestibilidad a los presentados en los cuadros 21 y 22, donde la media de las gramíneas estivales estudiadas fue de 54%. Giorello et al. (2020a) coinciden con estos valores, expresando que la digestibilidad oscila entre 50 a 65% durante el ciclo.

#### 4.5.3 Fibra detergente neutra

Para el caso de la fibra detergente neutra de la lámina, no se encontraron diferencias en cuanto a cultivares pero sí en cuanto a frecuencias de corte. Estanzuela Chirú no se vio afectado por los GDD, la diferencia está explicada por la ocurrida en la frecuencia de corte de 2400 GDD en Sepé y Pensacola (cuadro 23).

Cuadro 23. Contenido porcentual de fibra detergente neutra en lámina según cultivar para tres frecuencias de corte

<b>FDN lámina (%)</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	64 <b>Aa</b>	69 <b>Aa</b>	79 <b>Aa</b>
<b>INIA Sepé</b>	62 <b>Ba</b>	67 <b>Ba</b>	78 <b>Aa</b>
<b>Pensacola</b>	64 <b>Ba</b>	60 <b>Ba</b>	80 <b>Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Como se puede observar en el cuadro 24, en la fibra detergente neutra de la planta entera, ocurrió similar al caso anterior, existieron, solamente, diferencias entre los GDD. El cultivar Chirú no se vio afectado por los GDD, pero la diferencia en 2400 GDD en Sepé y Pensacola, explican esa diferencia entre frecuencias de corte. El aumento en FDN en planta entera estaría explicado, mayormente, por un aumento en la proporción de pseudotallo y material muerto (cuadros 8 y 9), aunque cabe destacar que, el porcentaje de FDN en lámina también aumenta, a excepción de Chirú (cuadro 24).

Cuadro 24. Contenido porcentual de fibra detergente neutra en planta entera según cultivar para tres frecuencias de corte

<b>FDN planta entera (%)</b>			
	<b>600</b>	<b>1200</b>	<b>2400</b>
<b>Estanzuela Chirú</b>	61 <b>Ba</b>	69 <b>ABa</b>	80 <b>Aa</b>
<b>INIA Sepé</b>	63 <b>Ba</b>	67 <b>Ba</b>	78 <b>Aa</b>
<b>Pensacola</b>	62 <b>Ba</b>	66 <b>Ba</b>	78 <b>Aa</b>

\*En letras mayúsculas efecto frecuencias de corte, en minúsculas efecto cultivar. Diferentes letras muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Los valores obtenidos de FDN presentados en los cuadros 23 y 24 son similares a los mencionados por Quintans y Speranza (2013) sobre Chirú, quienes encontraron que el porcentaje promedio para todo el ciclo de FDN fue de 70,97%.

Venuto et al. (2003), difirieron en los valores de FDN encontrados para Pensacola, ya que obtuvieron una media de 48% fibra detergente neutra para este cultivar, sin embargo, cabe mencionar que fue un estudio realizado en Estados Unidos, con condiciones diferentes a las de este trabajo.

#### 4.5.4 Conclusión calidad

A continuación, se presentan las figuras 14,15 y 16 donde se refleja la evolución de los tres parámetros estudiados, para cada cultivar según las frecuencias de corte en comparación con la evolución de la fracción lámina.

En todos los casos la fibra detergente neutra fue aumentando a medida que lo mismo ocurría con los GDD. Lo contrario ocurre con PC y digestibilidad, los cuales descendieron acorde aumentan los GDD.

En este trabajo, los comportamientos fueron similares a los cambios que suelen ocurrir en una pastura (cuadros 7, 8, 20, 24) respecto a la composición morfológica y química a medida con el avance del estado fenológico (Cangiano, 1997). Con el aumento en la proporción de pseudotallo se generó también, un aumento en la fibra detergente neutra, mientras que en las frecuencias donde se obtuvieron los máximos en porcentaje de lámina, coinciden con los máximos en proteína cruda.

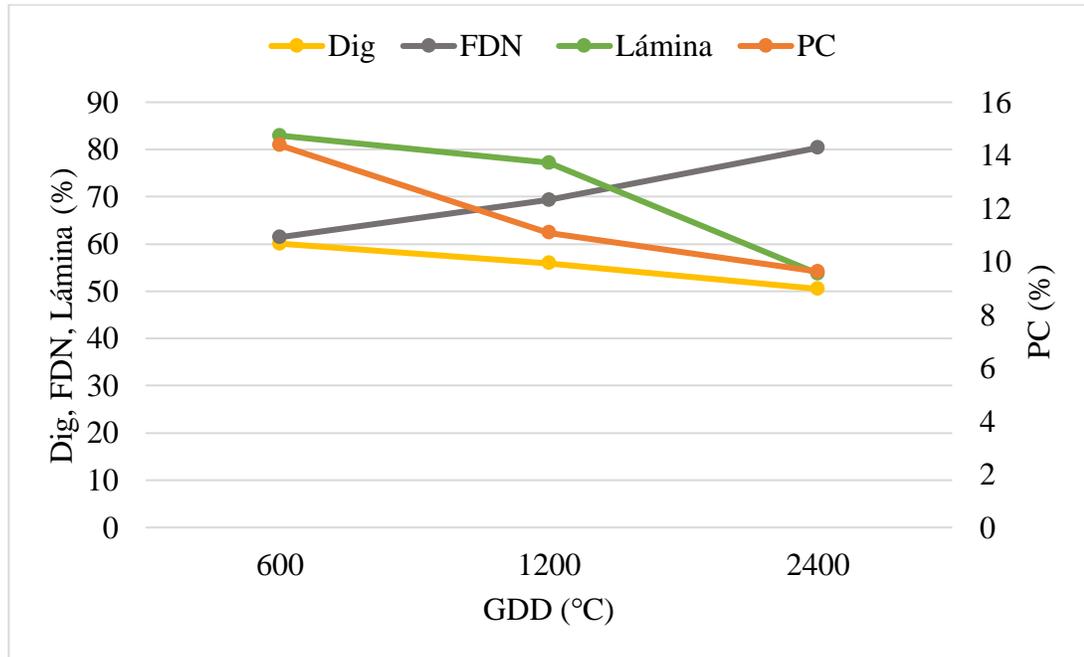


Figura 13. Evolución del contenido de PC, FDN, digestibilidad y de la proporción de la fracción lámina para *P. dilatatum* cv. Estanzuela Chirú, según tres frecuencias de corte

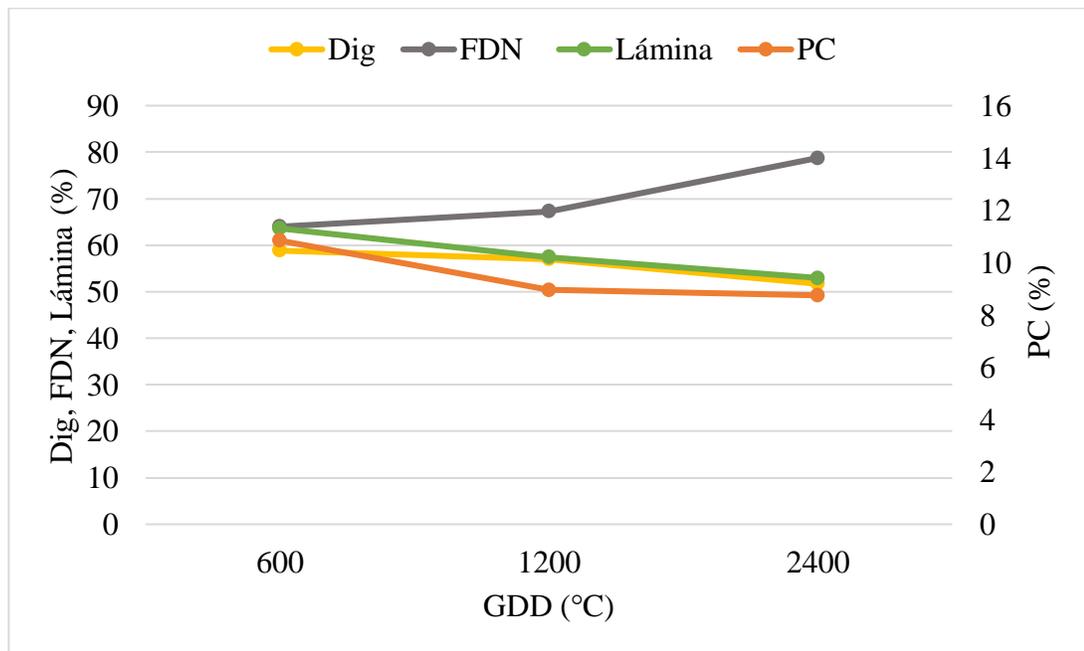


Figura 14. Evolución del contenido de PC, FDN, digestibilidad y de la proporción de la fracción lámina para *P. notatum* cv. INIA Sepé, según tres frecuencias de corte

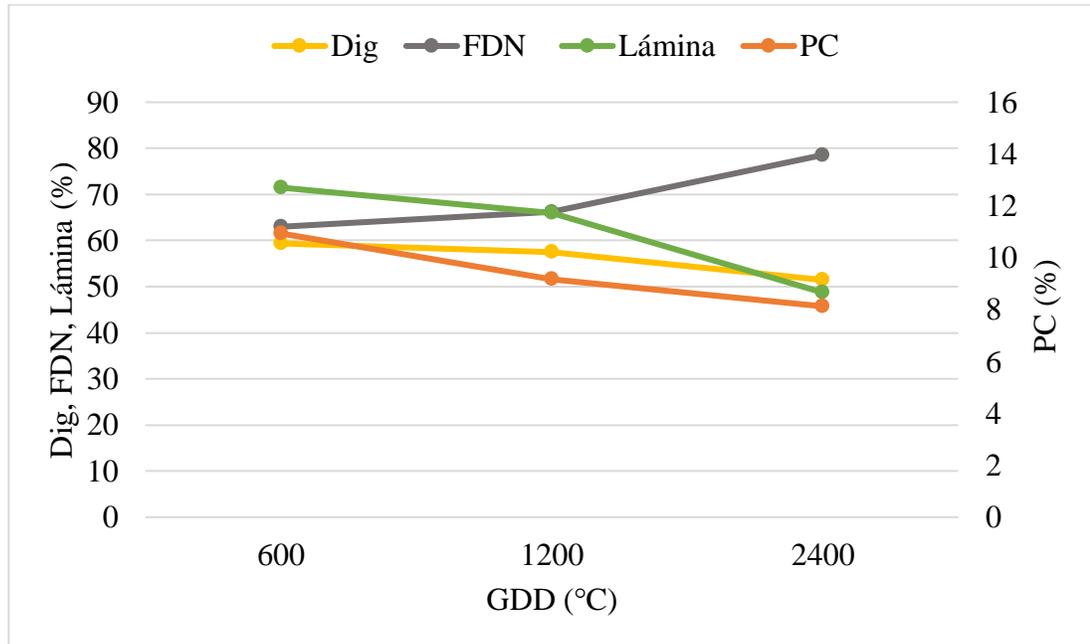


Figura 15. Evolución del contenido de PC, FDN, digestibilidad y de la proporción de la fracción lámina para *P. notatum* cv. Pensacola, según tres frecuencias de corte

Los cambios en acumulación de forraje y en los parámetros PC, FDN y digestibilidad (cuadros 4, 20, 22 y 24) a medida que aumenta el tiempo de espera, manifiestan cuál es la magnitud de la pérdida de calidad respecto al aumento en la acumulación de forraje.

A grandes rasgos, cuando se pasó de la frecuencia de 600 GDD a la de 1200 GDD, la acumulación de forraje aumentó en un 32,5%. Por el contrario, se produjo una disminución del 4% en digestibilidad y del 19% en PC. El contenido de FDN aumentó en un 4%. De 600 a 2400 GDD, la ganancia en acumulación fue similar (30%), pero la pérdida en digestibilidad fue de 14%, 27% menos en PC y la FDN aumentó un 25%. Cabe mencionar que, el hecho de que no haya habido diferencias en acumulación de forraje de 1200 a 2400 GDD se debió a las limitantes hídricas ocurridas durante el período, como se menciona en el capítulo 3 (figura 4).

Por último, el correcto manejo del pastoreo sería fundamental para buscar el equilibrio entre calidad y productividad de estas especies (Giorello et al., 2020a). Conocer los cambios en los parámetros mencionados colaboran en la definición del mismo.

## 5. CONCLUSIONES

El conjunto de las variables mencionadas en este trabajo se estudiaron con el propósito de definir un manejo que permita la óptima combinación entre valor nutritivo y acumulación de forraje.

En producción de forraje, el cultivar que se destacó fue Pensacola en 2400 GDD, frecuencia en la cual todos los cultivares obtuvieron su máximo en producción de forraje por hectárea. Este máximo, sin embargo, estaría explicado por un aumento en la producción de pseudotallo y material muerto el cual se tradujo, a su vez, en mayores niveles de FDN, menor porcentaje de digestibilidad y menor contenido de PC para dicha frecuencia. Como tendencia general, el intervalo de frecuencia de pastoreo de 600 GDD es el que presentó menor cantidad de materia seca acumulada.

Por otro lado, los cultivares no difieren en la calidad de la lámina ni planta entera y todos pierden calidad con el tiempo. Esto se debe a una menor proporción de lámina y menor calidad de la misma por un aumento en el contenido de FDN.

La diferencia entre cultivares se da en PC, donde el cultivar Chirú es el que alcanzó mayores niveles en planta entera, no por un mayor contenido de PC sino por una menor proporción de tallos y material muerto. Con 2400 GDD desaparecen las diferencias; todos presentaron baja proporción de lámina.

Entre cultivares ocurre otra diferencia y es en la tasa de acumulación de forraje, siendo ésta mayor en INIA Sepé, intermedia en Pensacola y la más baja en Estanzuela Chirú. Sin embargo, parecen tener todos la misma estrategia adaptativa ya que no difieren en AFE y CMS.

La diferencia más relevante a mencionar, es en la RLT, para la cual Pensacola presentó la mayor resistencia, Chirú la menor y Sepé intermedia. La diferencia observada en RLT para INIA Sepé y Pensacola, podría explicar la mayor preferencia observada en pastoreo por los tipos latiflorum. Sin embargo, no hubo diferencias en el contenido de FDN ni de FDA que evidencien una mayor proporción de tejidos estructurales, lo cual insinúa que otros factores estarían incidiendo en esta variable.

Teniendo en cuenta todas estas variables y a modo de conclusión, se resalta 1200 GDD como la frecuencia de corte con la combinación de mayor producción de forraje y calidad, para los tres cultivares.

## 6. RESUMEN

El propósito de este trabajo es comparar la curva de acumulación de forraje de tres cultivares de *Paspalum*, evaluando cuál es la diferencia en acumulación de forraje al aumentar el tiempo de descanso (GDD) y, en consecuencia, cuál es la magnitud en pérdida de calidad por este aumento en la frecuencia. El trabajo fue realizado en la Estación Experimental INIA Glencoe, Uruguay, durante el período de diciembre 2019 hasta marzo 2020 y los tratamientos consistieron en 3 variedades forrajeras cada una con 3 períodos de acumulación: *Paspalum dilatatum* ‘Estanzuela Chirú’, *Paspalum notatum* ‘INIA Sepé’ y *Paspalum notatum* ‘Pensacola’ con períodos de acumulación de 600, 1200 y 2400 GDD. El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas. Las variables estudiadas fueron: la producción de materia seca; la curva de acumulación de forraje; la composición morfológica en porcentaje y kg de materia seca por hectárea de lámina, pseudotallo, panoja y material muerto; los parámetros morfofuncionales, resistencia de lámina a la tensión, contenido de materia seca foliar, peso seco, área foliar y área foliar específica; y los parámetros de calidad, proteína cruda, digestibilidad y fibra detergente neutra. Los resultados obtenidos demuestran, una mayor producción de materia seca por hectárea en 2400 GDD, explicado por un aumento en la producción de pseudotallo y material muerto el cual se tradujo, a su vez, en mayores niveles de FDN, menor porcentaje de digestibilidad y menor contenido de PC para dicha frecuencia. El intervalo de frecuencia de pastoreo de 600 GDD es el que presentó menor cantidad de materia seca acumulada. Los cultivares no difieren en la calidad de la lámina ni planta entera y todos pierden calidad con el tiempo. Esto se debe a una menor proporción de lámina y menor calidad de la misma por un aumento en el contenido de FDN. Los tres cultivares en estudio parecen tener la misma estrategia adaptativa ya que no difieren en AFE y CMS. La diferencia más relevante es en la RLT donde Pensacola tiene mayor resistencia, Chirú menor y Sepé intermedio. A partir del trabajo, se pudo concluir que, el manejo que permite una óptima combinación entre valor nutritivo y acumulación de forraje es la frecuencia de 1200 GDD para los tres cultivares.

Palabras clave: *Paspalum dilatatum*; *Paspalum notatum*; Valor nutritivo; Producción de forraje; Frecuencias de corte; Cultivares.

## 7. SUMMARY

The purpose of this work is to compare the forage accumulation curve of three *Paspalum*'s varieties, evaluating what is the difference in forage accumulation when increasing the resting time (GDD, growing degree days) and consequently, what is the quality loss magnitude due to this increase in frequency. This work was carried out in INIA Glencoe experimental station, Uruguay, during the period of December 2019 to March 2020 and the treatments consisted of 3 forage varieties each with 3 accumulation periods: *Paspalum dilatatum* 'Chirú', *Paspalum notatum* 'INIA Sepé' and *Paspalum notatum* 'Pensacola' with accumulation periods of 600, 1200 and 2400 GDD. The experimental design used was that of randomized complete divided blocks. The variables studied were: the dry matter production; the forage accumulation curve; the morphological composition in percentage and kg of dry matter per hectare of lamina, pseudostem, panicle and dead material; morphofunctional parameters, leaf tensile strength, foliar dry matter content, dry weight, leaf area and specific leaf area; and the quality parameters, crude protein, digestibility and neutral detergent fiber. The results manifested a greater production of dry matter per hectare in 2400 GDD, explained by an increase in the production of pseudostem and dead material which, in turn, resulted in higher levels of NDF, lower percentage of digestibility and lower CP content for that frequency. The grazing frequency interval of 600 GDD is the one that presented the least amount of accumulated dry matter. Cultivars do not differ in the lamina or whole plant quality and all cultivars lose quality over time. This is due to a lower sheet proportion and quality due to an increase in NDF content. All three cultivars under study seem to have the same adaptive strategy since they do not differ in SLA and DMC. The most relevant difference is in the TS where Pensacola has the highest resistance, Chirú the least and Sepé intermediate. It was concluded that the management that allows an optimal combination between nutritive value and forage accumulation is the frequency of 1200 GDD for the three cultivars.

Keywords: *Paspalum dilatatum*; *Paspalum notatum*; Nutritional value; Forage production; Cutoff frequencies; Cultivars.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, G.; Deregibus, V.; Zucchini, F. 1994. Inclusión de pasto miel (*Paspalum dilatatum*, Poir) en pasturas: efecto sobre la producción forrajera. Revista Argentina de Producción Animal. 14(3-4):175-186.
2. \_\_\_\_\_. 2003. Efecto del pasto miel sobre la producción y calidad nutritiva de la pastura. El pasto miel: una alternativa para las pasturas de la región pampeana. Revista Argentina de Producción Animal. 23(3):136-143.
3. Acuña, C.; Urbani, M.; Quarin, C. 2012. Mejoramiento genético de especies de *Paspalum*: una actualización. La Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. no. 20:55-56.
4. Akin, D. 1981. Microbial breakdown of feed in the digestive tract. In: Symposium of Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, St. Lucia, Queensland). Proceedings. Farnham Royal, Slough, UK, CAB. pp. 201-223.
5. Almeida, R. 2003. Alternativas de comercialización del pasto miel. El pasto miel: una alternativa para las pasturas de la región pampeana. Revista Argentina de Producción Animal. 23(3):160-164.
6. Álvarez, A. 1985. Manejo de cortes y fertilización nitrogenada en semilleros de *Paspalum dilatatum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 114 p.
7. Antúnez, I.; Retamosa, E. C.; Villar, R. 2001. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. Oecología. 128:172-180.
8. Arce, M.; Fernández, P.; Ricetto, S. 2013. Respuesta estival de *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Pennisetum purpureum* cv Mott al riego suplementario. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 96 p.
9. Arnold, G. 1962. Effects of pasture maturity on the diet of sheep. Australian Journal of Agricultural Research. 13:701-706.
10. Atencio, L.; Tapia, J.; Mejía, S.; Cadena, J. 2014. Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa malla. Temas Agrarios. 19(2):245-259.

11. Ball, D.; Hoveland, C.; Lacefield, G. 1996. Southern forages. 2<sup>nd</sup>. ed. Kentucky, Potash and Phosphate Institute. 256 p.
12. Bandera, R.; Bertram, N.; Bolleta, A.; Chiacchiera, S.; Ferri, J. M.; Galíndez, G.; Lauric, A.; Malagrina, G.; Otondo, J.; Petruzzi, H.; Stritzler, N.; Torres Carbonell, C. 2013. Megatérmicas. s.n.t. 46 p.
13. Belgrave, B.; Watt, P.; Brock, J.; Wewala, S.; Sedcole, J. 1990. A survey of farmer knowledge and use of pasture cultivars in New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research. 33:199-211.
14. Bemhaja, M. 2000. Pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) INIA Lambaré. Revista INIA. no. 74:1-14.
15. Boddey, R.; Chalk, P.; Victoria, R.; Matsul, E.; Dobereiner, J. 1983. The use of N isotope dilution technique to estimate the contribution of associated biological nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of *Paspalum notatum* cv. batatais. Canadian Journal of Microbiology. 29(8):1036-1045.
16. Breit, M.; Poey, M. S. 2019. Digitaria. In: Kent, F. ed. Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de la Pampa. Anguil, La Pampa, Argentina, INTA. pp. 21-22.
17. Brougham, R. 1955. A study in rate of pasture growth. Australian Journal of Agricultural Research. 6:804-812.
18. \_\_\_\_\_. 1957. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. Australian Journal of Agricultural Research. 9:39-52.
19. Bultynck, L.; Fiorani, F.; Lambers, H. 1999. Control of leaf growth and its role in determining variation in plant growth rate from an ecological perspective. Plant Biology. no. 1:13-18.
20. Burson, B. L.; Voigt, P. W.; Evers, G. W. 1991. Cytology, reproductive behavior, and forage potential of hexaploid dallisgrass biotypes. Crop Science. 31(30):636-641.
21. Burton, G. W. 1989. Registration of 'Tifton 9' Pensacola bahiagrass. Crop Science. 29(5):1326.
22. Cangiano, C. A. 1997. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Argentina, INTA. 145 p.

23. Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, INIA. 29 p. (Serie Técnica no.19).
24. \_\_\_\_\_. 2003. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forrajes. Montevideo, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
25. Castro, D. P.; Puyravaud, J. P.; Cornelissen, J. H. C. 2000. Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecología*. 124:476-486.
26. Chambliss, C. G.; Sollenberger, L. 1991. Bahiagrass: the foundation of cow-calf nutrition in Florida. In: Annual Beef Cattle Short Course (40<sup>th</sup>., 1991, Florida). Proceedings. Gainesville, Florida, University of Florida. pp. 74-80.
27. Chapman, H.; Kretschmer, A. 1964. Effect of nitrogen fertilizer on digestibility and feeding value of Pangola grass hay. *Soil and Crop Science Society of Florida*. no. 24:176-183.
28. Chu Guoliang; Fu FanSheng; Wang JinJGen; Ding JiangYing Wang QuanHong; Jiang MengDa; Chu, G. L.; Fu, F. S.; Wang, J.; Ding, J.; Wang, Q.; Jiang, M. 1997. The effectiveness and use of *Paspalum notatum* on soil and water conservation. *Jiangsu Academy of Agricultural Sciences*. 6(1):45-47.
29. Cicardini, E.; Irazoqui, J.; Orbea, J. 1984. Curvas de Producción y calidad de forraje de ocho ecotipos de Pasto Miel. *Revista Argentina de Producción Animal*. 4(4):411-421.
30. Cingolani, A. M.; Posse, G.; Collantes, M. 2005. Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Tierra del Fuego steppes, Argentina. *Journal of Applied Ecology*. 42:50-59.
31. Coirolo, P.; Galceran, M.; Gandolfo, J.; Mackinnon, P. 1991. Manejo de pastoreo en campo natural. Unidades de suelo: Los Mimbres y Río Tacuarembó. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 237 p.
32. Coll, J. 1991. Producción de semilla de *Paspalum dilatatum*. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 4).
33. Colman, R.; Wilson, G. 1960. The effects of floods on pasture plants. *The Agricultural Gazette of New South Wales*. 71:337-347.

34. Cornaglia, P. S. 2003. El pasto miel: una alternativa para las pasturas de la región pampeana: características adaptativas. Consideraciones para lograr una implantación exitosa. *Revista Argentina Producción Animal*. 23(3):17-20.
35. Cornelissen, J. H. C.; Castro-Díez, P.; Hunt, R. 1996. Seedling growth, allocation and leaf attributes in a wide range of woody plant species and types. *Journal of Ecology*. 84(1):755-765.
36. \_\_\_\_\_.; Lavorel, S.; Garnier, E.; Díaz, S.; Buchmann, N.; Gurrich, D.; Reich, P.; Steege, D.; Morgan.; Van der Heijden, M.; Pausas, J.; Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*. 51(4):335-380.
37. Costa, N. 2015. Efecto de la incorporación de dos gramíneas perennes estivales en mezclas forrajeras convencionales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 42 p.
38. Cruz, P.; Theau, J. P.; Lecloux, E.; Jouany, C.; Duru, M. 2010. Typologie fonctionnelle de graminées fourragères pérennes: une classification multitraits. *Rangeland Ecology and Management Fourrages*. 63:350-358.
39. \_\_\_\_\_.; Lezana, L.; Durante, M.; Jaurena, M.; Figari, M.; Bittencourt de Olivera, L.; Thrau, J. P.; Massa, E.; Viegas, J.; Ferreira de Quadros, F. 2019. A functional classification of 63 common Poaceae in the “Campos” grasslands of South America. *Ecología Austral*. 29(1):239-248.
40. Cuña, M.; Muguruza, M.; Rocha, F. 2012. Determinación del desarrollo fenológico de la panoja, curva de caída y calidad de semilla en *Paspalum dilatatum* cv. Chirú y *Paspalum dilatatum* ssp *flavescens*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 20 p.
41. De León, F.; Fernández, J. 2019. Producción animal: pasturas. Anuario Estadístico Agropecuario DIEA 2019:82-99.
42. Deregibus, V. A.; Sanchez, R. A.; Casal, J. J.; Trlica, M. J. 1985. Tillering Responses to Enrichment of Red Light Beneath the Canopy in a Humid Natural Grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22(1):199-206.

43. Dirven, J. G. P.; Deinum, B. 1977. The effect of temperature on digestibility of grasses: an analysis. *Tropical Grasslands*. no. 3:1-17.
44. Do Canto, J.; Reyno, R.; Real, D.; Altier, N. 2012. Productividad y comportamiento frente a *Claviceps paspali* en genotipos de pasto horqueta y su interacción con el ambiente. In: Jornadas Latinoamericanas de Recursos Genéticos, Mejoramiento y Biotecnología de Especies Forrajeras (2012, Pergamino, Argentina). Resúmenes. Montevideo, INIA. pp. 1-2.
45. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Jaurena, M. 2019. Caracterización morfofuncional de biotipos de *Paspalum notatum* Flügge. In: Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y el Caribe (12°. , 2019, Rocha, Uruguay). Resúmenes. Rocha, Uruguay, SIRGEAC. p. 94.
46. Edwards, E. J.; Osborne, C. P.; Strömberg, C. A. E.; Smith, S. A. 2010. The origins of C4 grasslands: integrating evolutionary and ecosystem science. *Science*. 328:587-591.
47. Escobar, G.; Ramírez, P.; Michielin, A.; Gómez, J. 1971. Comportamiento de novillas Cebú en pastoreo continuo y rotacional con pasto trenza. ICA. *Boletín Técnico*. no. 5:76-81.
48. Ferri, C.; Sáenz, A.; Murcia, M.; Jouve, V. 2012. Biomasa y lámina verde acumulada en *Panicum coloratum* L. según intervalos de corte. In: Congreso Argentino de Producción Animal (35°. , 2012, Córdoba, Argentina). Trabajos presentados. *Revista Argentina de Producción Animal*. 32(1):265-380.
49. \_\_\_\_\_. 2014. Gramíneas forrajeras perennes de crecimiento estival (C4) para la región Pampeana semiárida. In: Di Liscia, M. S. ed. Resultados finales: proyectos de investigación científica y tecnológica orientados al desarrollo productivo provincial. Santa Rosa, Universidad Nacional de la Pampa. pp. 92-145.
50. Formoso, F.; Allegri, M. 1983. Producción de pasturas en suelos del área de Caraguatá – Las Toscas. In: Jornada Agrícola Ganadera de Caraguatá (1ª., 1983, Tacuarembó, Uruguay). Memorias. Tacuarembó, Uruguay, CIAAB. pp. 43-62.

51. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 1984. Producción de forraje, digestibilidad y proteína de gramíneas sub-tropicales en suelos arenosos y rastrojos de arroz en la región Noreste de Uruguay. *Miscelánea CIAAB*. no. 56:5-10.
52. \_\_\_\_\_. 2003. El pasto miel: una alternativa para las pasturas de la región pampeana: importancia de *Paspalum dilatatum* en Uruguay. *Revista Argentina Producción Animal*. 23(3):8-10.
53. Garnier, E. 1992. Growth analysis of congeneric annual and perennial grass species. *Journal of Ecology*. 80:665-675.
54. \_\_\_\_\_.; Navas, M.; Grigulis, K. 2015. *Plant Functional Diversity*. Oxford, UK, Oxford University. 249 p.
55. Gates, R. N.; Burton, G. W. 1990. Sampling procedures allowing selection of bahiagrass for improved digestibility. In: Moser, L. ed. Warm- season (C4) grasses. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. pp. 20-32 (Agronomy Monograph no. 45).
56. \_\_\_\_\_.; Anderson, W.; Hanna, W. 2011. Registration of ‘TifQuik’ Bahiagrass. *Journal of Plant Registrations*. 5(2):147-150.
57. Giorello, D. 2012. *Setaria sphacelata*: una alternativa forrajera perenne estival. In: Día de Campo (28°. , 2012, Tacuarembó). Integración e intensificación productiva para el Norte. Montevideo, INIA. pp. 37-41 (Actividades de Difusión no. 675).
58. \_\_\_\_\_.; Do Canto, J.; Reyno, R.; Lattanzi, F. 2020a. Gramíneas perennes estivales ¿Cómo integrarlas a nuestro sistema? *Revista INIA*. no. 64:19-23.
59. \_\_\_\_\_. 2020b. Respuestas morfofisiológicas y agronómicas de *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé a regímenes de defoliación. Tesis doctoral. San Pablo, Brasil. Universidad de San Pablo. Escuela Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”. 99 p.
60. Gross, N.; Suding, K.; Lavorel, S. 2007. Leaf dry matter content and lateral spread predict response to land-use change for six subalpine grassland species. *Journal of Vegetation Science*. 18:289-300.
61. Guertal, R; Millot, J.; Gonnet, M. 1982. Efectos de diferentes regímenes hídricos del suelo sobre producción de semilla de *Paspalum dilatatum* Poir. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 57 p.

62. Gutiérrez, F. 2013. Forrajeras megatérmicas para nuestras condiciones. Características de algunas especies y cultivares disponibles. *In*: Día de Campo (2013, La Estanzuela, Colonia). Producción de forraje y leche en verano. Montevideo, INIA. pp. 11-12 (Actividades de Difusión no. 705).
63. Hacker, J. B. 1999. Crop grows and development: grasses. *In*: Loch, D. S.; Ferguson, J. E. eds. Forage seed production 2: tropical and subtropical species. New York, CABI. pp. 41-86.
64. Hendry, G. A. F.; Grime, J. P. 1993. Methods in comparative plant ecology. London, UK, Chapman and Hall. 252 p.
65. Hirata, M.; Ogawa, Y.; Koyama, N.; Shindo, K.; Sugimoto, Y.; Higashiyama, M.; Ogura, S.; Fukuyama, K. 2006. Productivity of Bahiagrass Pastures in South-western Japan: synthesis of Data from Grazing Trials. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 192:79-91.
66. Hodgson, J. 1990. Grazing management: science into practice. London, Longman. 203 p.
67. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2021. Evaluación y registro. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado 26 ene. 2021. Disponible en <https://www.inase.uy/EvaluacionRegistro/RNC-RPC.aspx?v=y>
68. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2019. INIA Sepé: una forrajera nativa de alta productividad y persistencia. (en línea). Tacuarembó. 4 p. Consultado abr. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12537/1/Repartido-presentacion-INIA-Sepe.pdf>
69. \_\_\_\_\_. 2021. Balance hídrico. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado feb. 2021. Disponible en <http://inia.uy/gras/Monitoreo-Ambiental/Balance-H%C3%ADdrico>
70. Jaurena, M.; Lezama, F.; Cruz, P. 2012. Perennial grasses traits as functional markers of grazing intensity in basaltic grasslands of Uruguay. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 72(4):541-549.
71. Judd, B. I. 1975. New world tropical forage grasses and their management. *World Crops*. 27(3):113-117.

72. 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.
73. Lambers, H.; Poorter, H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*. 23:187-261.
74. Lavorel, S.; Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*. 16:545-556.
75. Lee, J. H.; Heuvelink, E. 2003. Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning and specific leaf area for cut *Crysanthemum*. *Annals of Botany*. 91:319-327.
76. Lemaire, G.; Onillon, B.; Grosse, G.; Chartier, M.; Allirand, J. M. 1991. Nitrogen distribution within a lucerne canopy during regrowth: relation with light distribution. *Annals of Botany*. 68:483-488.
77. \_\_\_\_\_. 2001. Ecophysiology of Grasslands: dynamic Aspects of Forage Plant Populations in Grazed Swards. *In: International Grassland Congress (19<sup>th</sup>., 2001, São Pedro). Proceedings. São Pedro, FEALQ. pp. 29-37.*
78. Leonhart, D. A.; Blain, G. 2019. Pasto llorón. *In: Kent, F. ed. Forrajas cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de la Pampa. Anguil, La Pampa, Argentina, INTA. pp. 41-45.*
79. Lithourgidis, A. S.; Vasilakoglou, I. B.; Dhima, K. V.; Dordas, C. A.; Yiakoulaki, M. D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*. 99(2-3):106-113.
80. López-Iglesias, B. 2014. Rasgos funcionales y su relación con el funcionamiento de las plantas. Tesis Doctoral. Córdoba, Argentina. Universidad de Córdoba. 19 p.
81. Lusk, C. H. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rain forest. *Oecología*. 132:188-196.

82. Manley, W. A.; Hart, R. H.; Samuel, M. J.; Smith, M. A.; Waggoner, J. W.; Manley, J. T. 1997. Vegetation, cattle, and economic responses to grazing strategies and pressures. *Journal of Range Management*. 50:638-646.
83. Marcon, F.; Urbani, M.; Quarín, C.; Acuna, C. 2018 Caracterización agronómica de *Paspalum atratum* Swallen y *Paspalum lenticulare* Kunth. *Forrajes Tropicales*. 6(2):70-81.
84. Merola, R.; Calistro, E.; Do Canto, J.; Reyno, R. 2018. Respuesta a la fertilización nitrogenada en *Paspalum notatum* INIA Sepé. In: Congreso AUPA: Asociación Uruguaya de Producción Animal (6°, 2018, Tacuarembó). Resúmenes. Montevideo, INIA. p. 80.
85. Mills, P.; Boulton, J. 1978. Comparison of *Paspalum notatum* accessions for yield and palatability. *Rhode Island Agriculture*. 75:71-74.
86. Minson, D. J. 1967. The voluntary intake and digestibility, in sheep, of chopped and pelleted *Digitaria decumbens* (pangola grass) following a late application of fertilizer nitrogen. *British Journal Nutrition*. 21:587-597.
87. \_\_\_\_\_.; McLeod, M. 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. In: International Grassland Congress (11<sup>th</sup>., 1970, Surfers Paradise, Queensland). Proceedings. St. Lucia, Queensland, University of Queensland. pp. 719-722.
88. \_\_\_\_\_. 1981a. The chemical composition and nutritive value of tropical grasses. In: Skerman, P. J. ed. *Tropical Grasses*. Roma, FAO. pp. 761-817.
89. \_\_\_\_\_. 1981b. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. In: Morley, F. H. W. ed. *Grazing Animals*. New York, Elsevier. pp. 143-158.
90. Moser, L.; Burson, B.; Sollenberger, L. 2004. Warm-Season (C4) Grasses. *45(19):651-680*.
91. Murray, R. 1984. Yields, nutrient quality, and palatability to sheep of fourteen grass accessions for potential use on sagebrush-grass range in south-eastern Idaho. *Journal of Range Management*. 37:343-348.
92. Nabinger, C. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte (3ª., 1998, Porto

Alegre, RS, Brasil). Ênfase, manejo e utilização sustentável de pastagens: anais. Canoas, ULBRA. pp. 54-107.

93. Nelson, C. J.; Moser, L. E. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: Fahey, G. C. ed. Forage Quality, Evaluation and Utilization. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. pp. 115-154.
94. O'Reagain, P. 1993. Plant structure and the acceptability of different grasses to sheep. *Journal of Range Management*. 46(3):232-236.
95. Odhiambo, J. 1974. The nutritive value of various growth stages of *Pennisetum purpureum*. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 39:325-329.
96. Olmos, F. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región Noreste. Montevideo, INIA. pp. 13-22 (Boletín de Divulgación no. 64).
97. \_\_\_\_\_.; Salvarrey, L.; Sosa, M. 2015a. Producción forrajera con *Paspalum dilatatum* y *Lotus corniculatus* en brunosoles del Noreste. In: Cardozo, G.; Soares de Lima, J. M.; Giorello, D.; Viñoles, C.; Montossi, F. eds. Productividad de pasturas estivales en la Región Noreste. Montevideo, UY, INIA. pp. 33-51 (Serie Técnica no. 222).
98. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2015b. Producción forrajera con *Setaria sphacelata* y *Chloris gayana* en brunosoles del Noreste. In: Cardozo, G.; Soares de Lima, J. M.; Giorello, D.; Viñoles, C.; Montossi, F. eds. Productividad de pasturas estivales en la Región Noreste. Montevideo, UY, INIA. pp. 17-31 (Serie Técnica no. 222).
99. \_\_\_\_\_.; Sosa, M. 2015c. Producción forrajera de *Paspalum dilatatum* cv. Chirú según la frecuencia de corte. In: Cardozo, G.; Salvarrey, L.; Soares de Lima, J. M.; Giorello, D.; Viñoles, C.; Montossi, F. eds. Productividad de pasturas estivales en la Región Noreste. Montevideo, UY, INIA. pp. 61-64 (Serie Técnica no. 222).
100. Ortiz-Díaz, J.; Arnelas I.; Cerros-Tlatilpa, R.; Siqueiros-Delgado, M.; Tun-Garrido, J. 2015. El género *Paspalum* L. (paspaleae, poaceae) en la Península de Yucatán, México. *Acta Botánica Mexicana*. no. 113:35-73.
101. 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.

102. Payne, G.; Rechcigl, J. 1989. Influence of phosphorous fertilization on bahiagrass and water quality. In: International Grassland Congress (16<sup>th</sup>.,1989, Nice, France). Proceedings. s.n.t. pp. 43-44.
103. Pérez Gomar, E.; Silveira, J.; De Mattos, C.; Balparda, C. 2010. Setaria: una alternativa forrajera perenne estival para sistemas ganaderos en suelos de basalto. In: Jornada en Unidad Experimental Glencoe (25<sup>a</sup>., 2010, Tacuarembó). Después de las lluvias, desafíos de producción animal y forraje para los próximos meses. Montevideo, INIA. pp. 39-41 (Actividades de Difusión no. 601).
104. PGG Wrihston Seeds. s.f. Gramíneas perennes: surenio, *Paspalum dilatatum*. (en línea). s.l. s.p. Consultado 26 nov. 2020. Disponible en <https://www.pgw.com.uy/pasturas/gramineas/perennes/paspalum/37/sure>
105. Pizarro, E. 2000. Potencial forrajero del género *Paspalum*. Pasturas Tropicales. 22(1):38-45.
106. Pravia, V. 2009. Alternativas forrajeras estivales; Utilización de *Setaria sphacelata* cv Narok bajo riego con diferentes dotaciones de novillos. In: Jornada de Divulgación sobre Producción Animal- Pasturas (2009, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 13-20 (Actividades de Difusión no. 591).
107. Quintans, I. 2013. Determinación de la producción, estacionalidad y calidad de forraje en una colección de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 124 p.
108. Redfearn, D. D.; Nelson, C. J. 2003. Grasses for southern areas. In: Barnes, R.; Nelson, C. J.; Collins, M.; Moore, J. eds. Forages: an introduction to grassland agriculture. Ames, Iowa, USA, Iowa State University. pp. 153-154.
109. Reinoso, P.; Carponi, M.; Laurencena, M.; Butus, V. 2016. Caracterización y evaluación de especies nativas del género *Paspalum* para céspedes en el departamento Paraná. Ciencia, Docencia y Tecnología. 6(sup. 6):35-57.
110. Remison, S. U.; Snaydon, R. W. 1978. Yield, seasonal changes in root competitive ability and competition for nutrients among grass species. Journal of Agriculture Science. 90:115-124.

111. 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.
112. \_\_\_\_\_; Do Canto, J.; Rossi, C.; Mérola, R.; Silveira, F.; Sosa, M.; Viana, A. 2019. INIA Sepé: una forrajera nativa con alta productividad y persistencia. (en línea). Tambores, Tacuarembó, INIA. 4 p. Consultado 22 oct. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12537/1/Repartido-presentacion-INIA-Sepe.pdf>
113. Ruolo, M. S. 2017. Morfogénesis, estructura, producción y calidad de *Chloris gayana* Kunth bajo distintos regímenes de defoliación. Tesis Magister. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 67 p.
114. Saldanha, S. 2009. Efecto de la intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.
115. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
116. \_\_\_\_\_; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. *Investigaciones Agronómicas*. no. 2:16-21.
117. Santos, P.; Corsi, M.; Pedreira, C.; Lima, C. 2006. Características morfogénéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim-Mombaça submetido a três intervalos de pastejo. *Tropical Grasslands*. 40(2):84-93.
118. Saucedo, M.; Castro, G.; Obregón, J. 2016. Introducción de nuevas pasturas en el Norte de Santa Fé. Área de investigación en producción animal EEA INTA Reconquista. *Voces y Ecos*. no. 35:47-49.
119. Schrauf, G. 2003. El pasto miel: una alternativa para las pasturas de la región pampeana. Características adaptativas, consideraciones para lograr una implantación exitosa. *Revista Argentina Producción Animal*. 23(3):153-159.

120. Skerman, P.; Riveros, F. 1991. Tropical grasses. Rome, FAO. 823 p. (FAO. Plant Production and Protection Series no. 23).
121. Sollenberger, L.; Rusland, G.; Jones, C.; Albrecht, K.; Gieger, K. 1989. Animal and forage responses on rotationally grazed Floralta limpgrass and Pensacola bahiagrass pastures. *Agronomy Journal*. 81(5):760-764.
122. Soto, L. s.f. Valor nutritivo de los forrajes. (en línea). IPA La Platina. no. 17:23-25. Consultado 10 set. 2020. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR11568.pdf>
123. Speranza, P. 2017. Utilización y domesticación de gramíneas forrajeras del género *Paspalum* en Uruguay. Montevideo, INIA. 70 p. (Serie Técnica no. 61).
124. Stockdale, C. R. 1999. Effects of season and time since defoliation on the nutritive characteristics of three irrigated perennial pasture species in 122 northern Victoria 1. Energy, protein and fiber. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39(5):555-565.
125. Stritzler, N.; Petruzzi, N. P.; Frasinelli, H. J.; Veneciano, J. H.; Ferri, C.; Viglizzo, E. F. 2007. Variabilidad climática en la Región Semiárida Central Argentina. Adaptación tecnológica en sistemas extensivos de producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(2):111-113.
126. Sumner, S.; Wade, W.; Selph, J.; Hogue, P.; Jennings, E.; Miller, P.; Seawright, T.; Kistler, M.; Weaver, G.; Kidder, G.; Pate, F.; Campbell, K. L.; Graha, W.; Bottcher, A. 1994. Save energy, resources, and money with IFAS bahiagrass pasture fertilization recommendations. *In*: Conference on Environmentally Sound Agriculture (2<sup>nd</sup>., 1994, Orlando, Florida). Proceedings. Orlando, ASAE. pp. 100-110.
127. Symposium of Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, Queensland, Australia). 1982. Proceedings. Farnham Royal, Slough, UK, CAB. 548 p.
128. Tejera, M. 2014. Inclusión del género *Paspalum* en mezclas forrajeras: efectos sobre la disponibilidad de forraje, la resistencia a la invasión, y la estabilidad, Tesis Magister en Ciencias Agrarias opción Ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 68 p.

129. Theron, E.; Booysen, P. 1966. Palatability in grasses. In: Annual Congresses of the Grassland Society of Southern Africa (1<sup>st.</sup>, 1966, Johannesburg, Southern Africa). Proceedings. s.n.t. pp. 111-120.
130. Tischler, G.; Voigt, P.; Burson, B. 1990. Evaluation of Paspalum germplasm for variation in leaf wax and heat tolerance. *Euphytica*. 50(1):73-79.
131. Trujillo, I.; Uriarte, G. 2012. Valor nutritivo de las pasturas. (en línea). In: Curso de Nutrición Animal (2012, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 1-19. Consultado 20 oct. 2020. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>
132. Tukey, H. B., Jr. 1969. Implications of allelopathy in agricultural plant science. *The Botanical Review*. 35:1-16.
133. Urbani, M.; Acuña, C.; Doval, D; Sartor, M.; Galdeano, F.; Blount, A. R.; Quesenberry, K. H.; Mackowiak, Chery, L.; Quarin, C. 2017. Registration of "Boyero UNNE" bahiagrass. *Journal of Plant Registrations*. 11(1):26-32.
134. Venuto, B. C.; Burson, B. L.; Hussey, M. A.; Redfearn, D. D.; Wyatt, W. E.; Brown, L. P. 2003. Forage yield, nutritive value, and grazing tolerance of Dallisgrass biotypes. *Crop Science*. 43:295-301.
135. Villar, R.; Ruiz-Robleto, J.; De Jong, Y.; Poorter, H. 2006. Differences in construction costs and chemical composition between deciduous and evergreen woody species are small as compared to differences among families. *Plant Cell and Environment*. 29:1629-1643.
136. Wilson, P. J.; Thompson, K.; Hodgson, J. G. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist*. no. 143:155-162.
137. Zimmer, A. H., Jacques, A. V.; Markus, R. 1982. Consorciações de gramíneas forrageiras de estação quente com alfafa cv. Crioula, submetidas a duas alturas de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 17(9):1349-1359.